ALLOKATION IM MARKTWIRTSCHAFTLICHEN SYSTEM

FERDINAND DUDENHÖFFER

MEHRHEITSWAHL ENTSCHEIDUNGEN ÜBER UMWELTNUTZUNGEN



ALLOKATION IM MARKTWIRTSCHAFTLICHEN SYSTEM

FERDINAND DUDENHÖFFER

MEHRHEITSWAHL ENTSCHEIDUNGEN ÜBER UMWELTNUTZUNGEN

Unsere Umwelt läßt sich einerseits als Produktionsfaktor (Rezeptor von Schadstoffen) und zum anderen als öffentliches Konsumgut nutzen. Da beide Nutzungsformen miteinander konkurrieren, ist es notwendig eine Entscheidung über das Ausmaß einer tolerierbaren Umweltbelastung zu treffen. In diesem Buch werden gesamtwirtschaftliche Allokationen – und damit auch der Grad der Umweltbelastung in einer Volkswirtschaft – in einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell aus dem Zusammenspiel von Markt- und Mehrheitswahlregeln erklärt.

Ferdinand Dudenhöffer wurde 1951 in Karlsruhe geboren. Studium der Volkswirtschaftslehre von 1972 bis 1977 an der Universität Mannheim. Von 1978 bis 1983 wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre und Außenwirtschaft der Universität Mannheim.

Retrodigitization in 2018

www.peterlang.com

Mehrheitswahl-Entscheidungen über Umweltnutzungen

STAATLICHE ALLOKATIONSPOLITIK IM MARKTWIRTSCHAFTLICHEN SYSTEM

Herausgegeben von
Klaus Conrad, Heinz König, Hans-Heinrich Nachtkamp,
Rüdiger Pethig, Horst Siebert, Eberhard Wille

Band 9



Verlag Peter Lang
FRANKFURT AM MAIN · BERN · NEW YORK

FERDINAND DUDENHÖFFER

MEHRHEITSWAHL-ENTSCHEIDUNGEN ÜBER UMWELTNUTZUNGEN

Eine Untersuchung von Gleichgewichtszuständen in einem mikroökonomischen Markt- und Abstimmungsmodell



Verlag Peter Lang
FRANKFURT AM MAIN · BERN · NEW YORK

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Dudenhöffer, Ferdinand:

Mehrheitswahl-Entscheidungen über Umweltnutzungen :
e. Unters. von Gleichgewichtszuständen in e.
mikroökonom. Markt- u. Abstimmungsmodell /
Ferdinand Dudenhöffer. - Frankfurt am Main ;
Bern ; New York : Lang, 1983.
(Staatliche Allokationspolitik im markt=
wirtschaftlichen System ; Bd. 9)
ISBN 3-8204-7778-0
NE: GT



This book is available Open Access thanks to the kind support of ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft.

ISSN 0721-2860
ISBN 3-8204-7778-0
ISBN 978-3-631-75587-7 (eBook)

Druck und Bindung: Weihert-Druck GmbH, Darmstadt

VORWORT

Es ist ein Verdienst der ökonomischen Theorie der Politik, den Ökonomen die Bedeutung von institutionellen Strukturen, Bürokratien und politischen Prozessen in Erinnerung gerufen zu haben. Die mittlerweile etablierte Umweltökonomie macht deutlich, daß die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Umwelt und Ökonomie als Allokationsproblem formulierbar sind, womit - bei Vorgabe entsprechender Umweltziele - das Umweltproblem nach marktwirtschaftlichem Muster (Steuern, Zertifikate) lösbar ist. Damit stellt sich die Frage, ob ein System, dessen "politische" Komponente auf demokratischen oder Mehrheitsbeschlüssen beruht und dessen Wirtschaftsverfassung marktwirtschaftlich ausgerichtet ist, eine Lösung des Umweltproblems ermöglicht. Welche Eigenschaften hat, falls existent, eine solche Lösung? Wie ist die Fähigkeit eines solchen Systems einzuschätzen, das Problem der interregionalen Schadstoffdiffusion zu bewältigen, das am Beispiel des Säureregens und Waldsterbens in breiter Öffentlichkeit diskutiert wird? In der vorliegenden Arbeit wird ein Erklärungsansatz vorgestellt, der in ein mikroökonomisches Marktmodell Mehrheitswahl-Entscheidungen über Umweltnutzungen integriert. Die Arbeit wurde im Dezember 1982 von der Fakultät für Volkswirtschaftslehre und Statistik der Universität Mannheim als Dissertation angenommen.

Mein Dank gilt vor allem meinem akademischen Lehrer Professor Dr. Horst Siebert, der mein Interesse auf das Gebiet der Umweltökonomie gelenkt hat. Seiner Bereitschaft, in allen Entwicklungsphasen dieser Arbeit über Problemstellungen, Modellierungen und Resultate zu diskutieren, verdankt die vorliegende Untersuchung entscheidende Impulse. Wertvolle Hinweise und Anregungen erhielt ich ferner von Prof. Dr. Hans H. Nachtkamp sowie Prof. Dr. Rüdiger Pethig (Oldenburg), der in der Frühphase der Arbeit wichtige Teile gelesen und konstruktiver Kritik unterzogen hat.

Von Bedeutung für das Zustandekommen der Arbeit war der Mannheimer Sonderforschungsbereich 5 "Staatliche Allokationspolitik im marktwirtschaftlichen System". Die insbesondere im Teilprojekt "Umweltallokation in einem föderativen System" des Sonderforschungsbereichs 5 erzielten Resultate bilden eine wichtige Grundlage für die Kapitel 2, 3 und 6. Kapitel 2 und 4 wurden in den Forschungsseminaren des Sonderforschungsbereichs 5 vorgetragen und profitierten von Anregungen der Seminarteilnehmer. Anregungen kommen auch von Prof. Dr. Bruno Frey und dessen Mitarbeitern, an deren Seminar am Institut für empirische Wirtschaftsforschung an der Universität Zürich das Grundmodell vorgetragen wurde, sowie von PD Dr. Heinz Müller (Zürich), mit dem ich Aspekte des Anreizkapitals diskutieren konnte.

Von meinen Kollegen Helga Gebauer, Sabine Toussaint, Dr. Ralf Gronych, Dr. Siggi Vogt und Helmut Meder erhielt ich bei manch verzwickt erscheinendem Problem wertvolle Ratschläge.

Für ihre Mühe danke ich sehr gerne Bärbel und Inge Zahlbach, die souverän mit Schreibmaschine und Kugelköpfen jonglierten. Harald Hofer war manchem Komma hinterher und Frau Lüdke war mir bei der offsetfähigen Anfertigung des Manuskripts behilflich.

Mannheim, im Februar 1983

Ferdi Dudenhöffer

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINFÜHRUNG

1.1 Problemstellung der Arbeit

Weil die Umwelt - definiert "als Gesamtheit der den menschlichen Lebensraum umfassenden natürlichen Gegebenheiten" [Siebert 1978 b), S.1] - für konkurrierende Verwendungen genutzt werden kann, existiert ein Umweltallokationsproblem. So entstehen bei Konsum- und Produktionsaktivitäten Kuppelprodukte, deren Abgabe (Emission) an Umweltmedien Umweltbelastungen oder Qualitätsbeeinträchtigungen der Umwelt verursachen. Diese Nutzung der Umwelt als Produktionsfaktor konkurriert mit ihrer Verwendung als öffentliches Konsumgut. Eine regionale Dimension erhält ein solches Allokationsproblem durch die Existenz von Umweltinterdependenzen zwischen verschiedenen Regionen. Ansätze zur Lösung des Umweltallokationsproblems müssen daher in Erwägung ziehen, daß die bei ökonomischen Aktivitäten in einer Region an die Umwelt abgegebenen Kuppelprodukte über interregionale Diffusionsvorgänge Umweltbelastungen in anderen Regionen hervorrufen können. Gegenstand dieser Abhandlung ist die Frage, wie dieses Problem der Verwendungskonkurrenz bei Anwendung "demokratischer" Spielregeln gelöst wird.

In dem hier verfolgten Ansatz werden gesamtwirtschaftliche Allokationen - und damit auch der Grad der Umweltbelastung - in einem allgemeinen mikroökonomischen Gleichgewichtsmodell aus dem Zusammenspiel von Markt- und Mehrheitswahlregeln erklärt. Das Grundmodell eines solch kombinierten Allokationsverfahren wird in seiner allgemeinsten Form in Kapitel 2 vorgestellt. Sämtliche Bedürfnisse oder Wünsche nach privaten Gütern werden in diesem Grundmodell - wie von einer " invisible hand" geleitet - durch

den Markt koordiniert. Umweltbelastungszustände werden über Mehrheitsbeschlüsse festgelegt. Zu diesem Zwecke wird jeder Konsument mit dem Recht ausgestattet,bei einer Abstimmung einem Wahlleiter anomym seinen Umweltbelastungsvorschlag zu unterbreiten. Ein individueller Umweltbelastungsvorschlag ist dabei eine positive reelle Zahl - etwa als Konzentration eines Schadstoffs (Immissionsniveau) interpretierbar. Der Wahlleiter ermittelt aus allen individuellen Umweltbelastungsvorschlägen den Median und legt damit einen bindenden Umweltbelastungsstandard fest. Dieses Verfahren der Ermittlung von Wahlsiegern ist unter den hier verwendeten Prämissen äquivalent dazu, über einen paarweisen Abstimmungsvergleich zwischen allen denkbaren Umweltbelastungszuständen einen mehrheitlich erwünschten Belastungszustand festzustellen. Da der Medianwert aller Umweltbelastungsvorschläge gleichzeitig Mehrheitswahlsieger ist, spricht man auch vom Medianwähler-Modell.

Der Medianwähler besitzt - zumindest bei hoch aggregiertem privaten Sektor - eine dominierende Position. [1] Er ist unter den in Kapitel 2 genannten Prämissen Mehrheitswahlsieger und legt mit seiner Entscheidung das Umweltbelastungsniveau fest. Da mit dem Umweltbelastungsniveau aber auch das Ausmaß der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten bestimmt ist, entscheidet der Medianwähler auch über die Bereitstellung des Produktionsfaktors "Umwelt". Bei gegebener Ausstattung an anderen Produktionsfaktoren und gegebenen Produktionstechnologien legt daher der Medianwähler mit seiner Entscheidung über die Umweltbelastung gleichzeitig das - in herkömmlichen Sinne definierte - Sozialprodukt fest.Tiefere Einsicht in die Zusammenhänge des in Kapitel 2 allgemein formulierten Allokationsverfahren kann daher gewonnen werden, wenn in einem Ein-Sektor-Modell Zusammen-

---

1) Romer und Rosenthal (1979 a), S.144 sprechen sogar vom "median voter paradigm ",denn "the median voter will play a pivotal role in the political process".

hänge zwischen der Charakteristik des Medianwählers und gesamtwirtschaftlichen Allokationen näher betrachtet werden (Kapitel 3). Dabei läßt sich unter Verwendung des in Kapitel 3 eingeführten Konzepts einer "individuellen Transformationskurve" zeigen, daß bei strenger Befolgung der Regeln des kombinierten Allokationsverfahren (Mengenanpassung) der Medianwähler nicht notwendigerweise individuell-beste Allokationen selektiert. Dieses Ergebnis ist der Kern des in Kapitel 4 diagnostizierten Freifahrerproblems, das, neueren Ansätzen der Literatur folgend, mit dem Konzept der individuellen Anreizverträglichkeit präzisiert wird.

Wird die grobe Struktur des hochaggregierten Ein-Sektor-Modells - in welchem lediglich zwischen dem privaten Konsumgut Sozialprodukt und dem öffentlichen Gut Umweltqualität differenziert wird - verfeinert, indem zwei Sektoren unterschieden werden, die voneinander verschiedene Konsumgüter herstellen, werden die Einflüsse des Nicht-Medianwählers im Allokationsverfahren sichtbar. Durch seine Nachfrage auf den beiden Konsumgütermärkten trägt der Nicht-Medianwähler zur Bildung einer bestimmten Sektorstruktur und eines bestimmten Preisgefüges bei. Im Gegensatz zum hochaggregierten Ein-Sektor-Modell besitzt jetzt der Nicht-Medianwähler im privaten Sektor einen gewissen Entscheidungsspielraum, womit eine direkte Schwächung der allokativen Entscheidungsbefugnis des Medianwählers vorliegt. Da zusätzlich die Preise privater Güter als Daten in das Entscheidungskalkül des Medianwählers bei der Ermittlung seines Umweltbelastungsvorschlages eingehen, wird seine Wahlentscheidung quasi indirekt durch den Nicht-Medianwähler beeinträchtigt. Im Mehr-Sektor-Fall ist somit eine direkte und indirekte Abschwächung der Entscheidungsposition des Medianwählers erkennbar. Die allokativen Implikationen einer - wie eben skizzierten - stärkeren Betonung der Marktkomponente werden durch die Analyse des Zwei-Sektor-Modells in Kapital 5 quantifiziert.

Eine weitere Schwächung der Kompetenz des Medianwählers bei allo-

kativen Entscheidungen liegt vor, wenn außermarktliche Einflüsse - etwa aus interregionaler Verflechtung im Umweltbereich resultierend - beobachtbar sind. Ist ein Teil der in einer Region vorzufindenden Umweltbelastung auf Emissionen in anderen Regionen zurückzuführen, d.h. liegen interregionale Schadstoffdiffusionen vor, legt der Medianwähler zwar das Umweltbelastungsniveau in seiner Region fest, das Ausmaß der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten in dieser Region wird aber von regionenfremden Akteuren mitbestimmt. Außermarktliche Gegebenheiten, die Daten für den Medianwähler darstellen und die interregionale Verflechtung räumlich abgegrenzter Umweltsysteme in den Blickpunkt rücken, werden in Kapitel 6 erörtert.

Im Rahmen der Analyse der - u.a. auf Baumol und Oates (1971) zurückgehenden - Preis-Standard-Ansätze sind die allokativen Implikationen von Änderungen der Umweltbelastungs-oder Emissionsstandards intensiv untersucht. [1] Aufgrund des institutionellen Vakuums, das diesen Ansätzen anhaftet und treffend mit den folgenden Worten Buchanan's [(1972), S.11] beschrieben werden kann

> "the 'public choices' that define the constraints within which market behaviour is allowed to take place are assumed to be made externally or exogenously, presumably by other than those who participate in market transactions"

war eine Analyse der Zusammenhänge zwischen Distribution und Allokation - und damit insbesondere den jeweiligen Umweltbelastungszuständen - nicht möglich. Die Endogenisierung der Umweltbelastungsstandards durch Mehrheitswahlentscheidungen ist eine Möglichkeit, diese Lücke zu schließen. Anknüpfend an den o.a. Arbeiten von Siebert [(1978 b), (1981 a)], Pethig (1979 a) und Siebert, Eichberger, Gronych, Pethig (198o), werden in den

1) Vgl. hierzu u.a. Siebert (1978 b), (1981 a), Siebert, Eichberger, Gronych, Pethig (1980), Pethig (1979a) oder Gronych (1980).

Kapiteln 3,5,6 Implikationen alternativer Einkommensverteilungen auf das Allokationsmuster und das Preisgefüge in Markt- und Abstimmungsmodellen debattiert.

1.2 Zur Einordnung des vorliegenden Ansatzes

Ziel dieses Abschnitts ist es aufzuzeigen, an welchen Stellen der Literaturdiskussion die hier vorgenommenen Analysen anknüpfen und welche Aspekte ausgeklammert werden.

Preis-Standard-Systeme

Bereits in den frühen 7o-iger Jahren erreichte die - schwerpunktmäßig im American Economic Review und Swedish Journal of Economics geführte - Diskussion ökonomischer Aspekte des Umweltproblems einen ersten Höhepunkt. [1] Aufbauend auf den - von Baumol und Oates (1971) zur Diskussion gestellten - Preis-Standard-Ansätzen kann das Problem der Umweltallokation, vernachlässigt man Rückwirkungen von Umweltzuständen auf Produktionstechnologien, aufgespalten werden in ein Problem der Allokation eines rein privaten Gutes und eines - im Sinne von Samuelson (1954) - rein öffentlichen Gutes. [2] Der Aspekt des öffentlichen

---

1) Vgl. hierzu Arbeiten von Ayres und Kneese (1969), Rothenberg (1969), Kneese (1971 b), Baumol (1972), Fisher,Krutilla und Cichette (1972), Stein(1972), Ruff (1972), D'Arge und Schulz (1974),veröffentlicht im American Economic Review sowie die im Swedish Journal of Economics erschienen Abhandlungen von Bohm (1970), D'Arge (1971), Baumol und Oates (1971), Kneese (1971 a), Forsund (1972), Forster (1972), Tietenberg (1973).

2) Liegen Rückwirkungen von Umweltzuständen auf die Produktionstechnologien vor - man spricht hier auch von externen Effekten im Produktionsbereich -,kann dies nicht-konvexe Produktionsmöglichkeitsmengen implizieren. Aufmerksamkeit auf dieses Problem lenkten Baumol und Bradford (1972) und Starrett (1972). Ein illustratives Beispiel zu diesem Sachverhalt ist der von Baumol und Oates (1975) S.1o4 ff erörterte Fall einer "laundry", deren Produktionsergebnisse von einer "smoke generating elektricity industry" beeinträchtigt werden.

Gutes besteht darin, - unterstellt man, kein Individuum könne sich vom "Konsum" vorliegender Umweltbelastungen ausschließen - eine Einigung über den als vertretbar erachteten Zustand der Umweltmedien zu treffen. [1] Da sich die geplanten Emissionsmengen der einzelnen Emittenten ("Umweltverschmutzer") - deren Kuppelproduktionsabgabe an die Umwelt jederzeit begrenzt oder völlig unterbunden werden kann (Ausschließbarkeit) - zum gesamtwirtschaftlichen Angebot an Emissionen "addieren" (rivalisierender Konsum), sind die einem Umweltbelastungszustand zuordenbaren Emissionsmengen unter verschiedenen Emittenten aufzuteilen. Daher liegt mit dem Umweltallokationsproblem auch ein Problem der Allokation eines rein privaten Gutes vor.

Die mit dem Preis-Standard-Ansatz eingeführte Trennung des Gesamtkomplexes der Umweltallokationen erlaubte eine elegante und heute weit entwickelte Lösung eines Teilaspektes: Analog zu den Märkten privater Güter vermarktet ein Anbieter von Emissionserlaubnissen (Umweltbehörde) eine ihm exogen vorgegebene Höchstmenge an Emissionserlaubnissen - den Emissionsstandard -, indem er entweder direkt auf dem Markt als Verkäufer von Emissionsrechten (Zertifikatslösung) auftritt oder selbst solange Emissionssteuern ändert, bis die aggregierten Pläne der Emittenten den vorgegebenen Emissionsstandard nicht überschreiten (Emissionssteuerlösung). Speziell hinsichtlich der "praktischen" Verwertbarkeit liegen aus jüngster Zeit zu beiden Varianten der Preis-Standard-Systeme detailliert ausgearbeitete Vorschläge vor. [2]

---

1) In diesem Zusammenhang ist die - empirisch zu klärende - Frage von Bedeutung, inwieweit die Prämisse des fehlenden Ausschlusses eine adäquate Erfassung der Tatbestände liefert. Dies ist insbesondere dann von Interesse, wenn bei regional abgegrenzten Umweltsystemen ein "Entrinnen" aus "schlechter Umwelt" durch Emigration möglich ist. Andererseits scheint empirisch gesichert, daß Umweltprobleme von globalem Charakter existieren, was etwa durch das Beispiel des Chlorflourcarbonat-Problems [Gladwin, Ugelow, Walter (1982) und Pethig (1982)] belegt wird.

2) Vgl. hierzu etwa Bonus (1981), Siebert (1981 b), Tietenberg (198o).

Die Freifahrerdebatte

Nachdem mit Arbeiten von Foley [(1967), (197o)] und Roberts (1973) eine axiomatisierte allgemeine mikroökonomische Gleichgewichtstheorie öffentlicher Güter vorlag, erhielt der Ansatz des öffentlichen Gutes in neuster Zeit - insbesondere durch die neuerliche Debatte des Freifahrerproblems - wesentliche Impulse. Aufbauend auf den früheren Arbeiten von Hurwicz [(196o), (1972)] konnte in Anlehnung an Lösungskonzepte der Theorie nicht-kooperativer Spiele eine formale Strukturierung des Freifahrerproblems gegeben werden. [1] Ausgehend von dieser Strukturierung gelang es, Allokationsmechanismen mit entsprechenden Anreizverträglichkeitseigenschaften zu finden. [2] Diese Entwicklungen der Theorie öffentlicher Güter wurden in umweltökonomischen Modellen durch Beiträge von Windisch [(1975), (1981)], Suchanek (1977), Pethig [(1979 a), (1979 b)] berücksichtigt.

Die ökonomische Theorie der Politik

Aufbauend auf den Arbeiten von Downs (1957) und Buchanan und Tullock (1962) entwickelte sich in den 6o-iger Jahren die "ökonomische Theorie der Politik". In dem Modell von Downs konkurrieren zwei Parteien auf einem perfekt funktionierenden politischen Markt um Wählerstimmen. [3] Die Analogie zum Modell

---

1) Einen Überblick über die Anwendung spieltheoretischer Konzepte in ökonomischen Zusammenhängen mit besonderer Berücksichtigung des Problems der Anreizverträglichkeit geben Schotter und Schwödiauer (198o).

2) Clarke (1971), Groves (1973), Groves und Ledyard (1977), Hurwicz (1979), Walker (1981).

3) Die Hypothese der politischen Parteien als Stimmenmaximierer findet sich auch bei Schumpeter (1942) und Hotelling (1929). Mueller (1976),S.4o8 beurteilt "Hotelling's article could be regarded as the pioneering contribution in public choice. It is both a direct application of economics to a political process and a clear intellectual antecedent of both Down's and, more indirectly, Black's [(1958), F.D.] work."

des "ökonomischen" Marktes ist offensichtlich: Statt gewinnmaximierender Produzenten werden Wählerstimmen maximierende Politiker unterstellt,und den Eigennutz optimierende Konsumenten werden durch Wähler mit entsprechenden Zielen ersetzt. Das zentrale Resultat dieses Ansatzes - auch Medianwähler-Theorem genannt - behauptet, daß die Programmplattform beider Parteien zu einer identischen konvergiert. Für den Fall, daß die Kompetenz der Parteien in der Festlegung der Größe des öffentlichen Budgets liegt, bedeutet dies, daß durch die Parteienkonkurrenz die Budgetvorstellung des Medianwählers realisiert wird. Weicht die Budgetplanung der in der Regierung befindlichen Partei von den Vorstellungen des Medianwählers ab, wird die Oppositionspartei durch einen Ausgabenvorschlag, der kompatibler mit den Vorstellungen des Medianwählers ist, die Mehrheit der Wählerstimmen auf sich vereinigen. [1)]

Das Medianwählerresultat des Zwei-Parteien-Modells ergibt sich aus der Anwendung einer Mehrheitswahlregel. Da sich keine Partei erlauben kann, die Interessen der Mehrheit der Wähler zu ignorieren, leistet die Parteienkonkurrenz dasselbe wie ein Wahlleiter bei der Ermittlung eines Mehrheitswahlsiegers bei einer direkten Abstimmung. Das Modell einer repräsentativen Demokratie in der Version von Downs führt damit zum gleichen Ergebnis wie das Modell einer direkten Demokratie, in welchem durch direkte Wählerbefragung Mehrheitsalternativen gefunden

---

1) Die begrenzte Kontrolle der Wähler über viele Aspekte der öffentlichen Entscheidungsbildung werden in dem von Tullock (1965), Downs (1967) sowie Niskanen (1971) zur Diskussion gestellten "Bürokratie-Modell" betont. Dieser Ansatz - insbesondere in der von Niskanen (1971) vorgeschlagenen und Romer und Rosenthal (1979 b) weiterentwickelten Form - geht davon aus, daß Verwaltungsapparate oder Bürokratien eigene Zielvorstellungen entwickeln, die auf die Maximierung öffentlicher Budgets gerichtet sind. Den Wählern bleibt hierbei nur eine Entscheidung über eine beschränkte, von der Bürokratie beeinflußte Anzahl von Ausgabenvorschlägen. Die mit dem "Bürokratie-Modell" unterstellte beschränkte Entscheidungsposition des Wählers in demokratischen Systemen wird in der vorliegenden Arbeit nicht weiter verfolgt.

werden. Die Tatsache, daß à priori nicht auf die Existenz von Mehrheitsabstimmungsergebnissen geschlossen werden kann - und damit das unter dem Schlagwort des "Wahlparadoxons" bekannt gewordene Phänomen auftreten kann -, folgt aus einem fundamentalen (Unmöglichkeits-) Satz von Arrow (1963), wonach unter "plausibel" erscheinenden Forderungen kein Verfahren (Regel) existiert, mit welchem immer "gesellschaftliche" Entscheidungen gefunden werden können. [1) 2)] Liegen eindimensionale Alternati-

---

1) Daß bei Anwendung der Mehrheitswahlregel im allgemeinen eine Existenz von Wahl-Gleichgewichten nicht postuliert werden kann - also das Wahlparadoxon eintreten kann -, wurde bereits im 18.Jahrhundert von Borda und Condorcet entdeckt. In einem süffisant formulierten Artikel schreibt Fischel (1972) die Urheberschaft der Entdeckung des Wahlparadoxons dem - im 6. Jahrhundert vor Christus lebenden - griechischen Fabelschreiber Aesop zu. Es ist allerdings das Verdienst von Arrow (1963), "akzeptable" Forderungen präzisiert und rigoros nachgewiesen zu haben, daß unter diesen Forderungen kein Verfahren (Mechanismus, Regel) ohne Wahlparadox existiert. Die vielzitierten Forderungen Arrow's an Entscheidungsregeln lauten:
   (U) An die individuellen Präferenzen werden keine Einschränkungen gestellt (Unrestricted domain).
   (I) Das Ergebnis der Entscheidung darf nicht durch das Vorhandensein "irrelevanter Alternativen" beeinflußt werden.
   (P) Wenn jedes Individuum die Alternative x gegenüber einer Alternative y vorzieht, darf y nicht Ergebnis des Entscheidungsverfahrens sein (weak Pareto Principle).
   (D) Das Verfahren ist nicht-diktatoriell, d.h. es gibt kein Individuum, das unabhängig von den Präferenzen aller übrigen die Selektion bestimmter Alternativen erzwingen kann.

2) Ein bedeutender Unmöglichkeitssatz der neueren "social-choice" - Theorie ist das Resultat von Gibbard (1973) und Satterthwaite (1975). Liegen mindestens drei Alternativen zur Auswahl vor und unterliegen die individuellen Präferenzen keinen Beschränkungen, so gibt es nach dem Satz von Gibbard und Satterthwaite kein Entscheidungsverfahren (Regel), welches sowohl individuell nicht-manipulierbar als auch nicht-diktatoriell ist. Da damit jedes Entscheidungsverfahren das immun gegenüber individuellem strategischem Verhalten ist auch diktatoriell ist, steckt dieses Negativ-Resultat den Rahmen der Anreizdebatte ab.

venmengen vor und sind die Präferenzen jedes Wählers eingipflig, tritt das Wahlparadox bei Mehrheitsabstimmungen nicht auf [Black (1958)]. Weitere Bedingungen,unter denen Mehrheitswahlentscheidungen existieren,wurden von Kramer (1973), Klevorick und Kramer (1974) sowie Slutsky (1977) vorgestellt. Eine bemerkenswerte Verbindung zwischen der Existenz von Wahlgleichgewichten und Mehrheitswahlregeln, die im Lemma 2.1 des Abschnitts 2.1 referiert wird, stellt Greenberg (198o) vor. [1)]

Bowen's Kombination von Markt und Wahl

Obwohl die Analyse von Mehrheitswahlentscheidungen im Rahmen der Ressourcenallokation bis Bowen (1943) zurückverfolgt werden kann, finden sich rigorose Analysen - den partialanalytischen Charakter früherer Analysen überwindend - erst in neuester Zeit. So integrierte Slutsky (1977) den Mehrheitswahlmechanismus zur Allokation öffentlicher Güter in ein allgemeines Gleichgewichtsmodell mit öffentlichen und privaten Gütern und zeigte die Existenz eines "General Voting Equilibrium". Bergstrom (1979) diskutiert in einem allgemeinen Gleichgewichtsansatz Effizienzeigenschaften, wenn öffentliche Güter durch Mehrheitsentscheidungen und private Güter über Märkte koordiniert werden. Bemerkenswert an den Beiträgen zur Ressourcenallokation durch Mehrheitswahl ist - insbesondere im umweltökonomischen Zusammenhang - eine Arbeit von Klevorick und Kramer (1973), auf die in der Literatur kaum reagiert wird. Im Rahmen eines Partialmodells stellen Klevorick und Kramer die Frage der Existenz von Abstimmungsgleichgewichten, wenn die Ausstattung eines Wäh-

---

1) Neben Aussagen über die Existenz von Lösungen zu Abstimmungsproblemen interessiert auch die Konstruktion algorithmischer Verfahren zur Ermittlung der Lösung eines Abstimmungsproblems. Hier setzen Nachtkamp und Rödding (198o) an, die unter Anwendung der sogenannten Netzwerktheorie Algorithmen zum Auffinden der Lösung von Abstimmungsproblemen konstruieren.

lers mit Stimmrechten variabel ist und modellendogen ermittelt wird. Den Abstimmungsgegenstand bildet im Klevorick-Kramer-Modell der Emissionssteuersatz, wobei ein direkter Zusammenhang zwischen dem Steuersatz und den Umweltbelastungszuständen (Immissionsniveaus) vorgegeben ist. Weiterhin wird im Modell unterstellt, daß sowohl Kuppelprodukte produzierende private Haushalte als auch Emissionen tätigende Firmen am Abstimmungsprozeß beteiligt werden. Proportional zu seinen Emissionen erhält dabei ein Wahlberechtigter Stimmrechte bei der Abstimmung über den Emissionssteuersatz. Kurioserweise erhalten damit die größten "Umweltsünder" die meisten Stimmen zur Ermittlung der Umweltqualität. Wie der Titel "Social Choice on Pollution Management: The Genossenschaften" der Veröffentlichung von Klevorick und Kramer erkennen läßt, stellt ihre Analyse die theoretische Aufarbeitung der Funktionsweise der in der Bundesrepublik Deutschland betriebenen Wassergenossenschaften an der Ruhr dar.

Der regionale Allokationsaspekt

Umweltprobleme haben stets eine räumliche und zeitliche Dimension. Der zeitliche Aspekt bei der Umweltnutzung ergibt sich aus der Beobachtung, daß heute verursachte Umweltbelastungen erst über einen gewissen Zeitraum vom Ökosystem abgebaut werden und somit die Planungskalküle zukünftiger Perioden beeinflussen.[1] Kontrolltheoretische Ansätze zur Analyse von Nutzungsmustern der Umwelt in der Zeit sind in der Literatur vorhanden, werden allerdings hier nicht weiter verfolgt.[2] Das Umweltallokationsproblem besitzt eine räumliche Komponente,

1) Die Frage der Umweltallokation in der Zeit kann - bei entsprechend breiter begrifflicher Fassung - als Allokationsproblem natürlicher Ressourcen aufgefaßt werden, das als Spezialfall die Schadstoffallokation in der Zeit umfaßt. Eine solche weite begriffliche Fassung schlägt Siebert (1978 b), (1979), (1981 a) vor.

2) Keeler, Spence und Zweckhauser (1971), Plourde (1972), d'Arge und Kogiku (1973), Magat (1978), Siebert (1978 b), (1981 a), Forsund (198o), Vogt (1981), Gebauer (1982).

weil regional abgegrenzte Umweltsysteme existieren und damit Einzelregionen autonome Entscheidungen über die Nutzung regionaler Umweltsysteme zugebilligt werden können. Andererseits sind wechselseitige Beeinflussungen regional abgegrenzter Umweltsysteme feststellbar, was einen interregionalen Koordinationsbedarf erfordert.[1] Beachtung in der Literatur fand die räumliche Komponente des Umweltallokationsproblems u.a. durch Arbeiten von Forsund (1972), Tietenberg (1974 b), Siebert (1975), (1978 b), (1981 a), in denen Pigousteuern für Emissionen unter expliziter Berücksichtigung des regionalen Zusammenhangs diskutiert werden. Die Frage, welche wirtschaftspolitischen Empfehlungen über die Regionalisierung von Emissionssteuern auszusprechen sind, wurde im American Economic Review debattiert.[2] Die Problemstellung der regionalen Emissionssteuerdifferenzierung wird hier in Kapitel 6 aufgegriffen. Dort wird die Frage diskutiert, ob - analog dem Faktorpreisausgleichstheorem der reinen Außenhandelstheorie - in einem regionalisierten Markt- und Mehrheitswahlmodell die gleichgewichtigen Emissionssteuern in verschiedenen Regionen identisch sind. Theoretische und institutionelle Aspekte regionalisierter Umweltpolitik werden in einem grundlegenden Werk, herausgegeben von Siebert, Walter, Zimmermann (198o), vorgestellt.

Liegen in verschiedenen Regionen unterschiedliche Umweltqualitätsniveaus vor, ist denkbar, daß Konsumenten durch einen Abstimmungsentscheid mit dem Möbelwagen (voting with one's feet) Präferenzen für Umweltqualität offenlegen. Geht man davon aus,

---

1) Das klassische Beispiel ist hier der Oberlieger-Unterlieger-Fall. Empirische Evidenz für größere räumliche Distanzen erhält dieser Fall in neuerer Zeit durch Berichte über den sogenannten "Säure-Regen" in nördlichen Teilen Europas, der Emissionsquellen im mitteleuropäischen Raum angelastet wird.

2) Vgl. Stein (1971), Peltzman und Tideman (1972) sowie Tietenberg (1974 a).

daß Umweltsysteme regional oder lokal abgegrenzt sind und zwischen diesen lokalen Systemen keine Verflechtungen dergestalt bestehen, daß umweltbelastende Aktivitäten (Emissionen) in einnem Bezirk Beeinträchtigungen der Umweltqualität in anderen Regionen zur Folge haben, stellt sich die Frage, ob,den Gedanken Tiebout's (1956) folgend, das Umweltallokationsproblem in "laissez-faire-Manier" effizient lösbar ist. Bezirke mit hoher Umweltbelastung würden hiernach weniger attraktiv für die Wohnbevölkerung. Dies wird sich in den Preisen für Wohnraumnutzungen niederschlagen, was seinerseits über niedrigere Grundstückspreise zu einer "gewissen" Entschädigung für die Erduldung von höheren Umweltbelastungen führt. Offen bleibt im Tiebout-Modell,von wem und wie innerhalb der einzelnen Bezirke Entscheidungen über die lokale Umweltqualität getroffen werden. Einerseits kann das Verhalten lokaler Entscheidungsträger modelliert werden als das einer gewinnmaximierenden Firma (Grundstückseigentümer), die den Gewinn aus alternativen Verwendungen des Bodens (Wohnraum und/oder Produktionsraumnutzung) optimiert. Zum anderen ist denkbar, daß in den einzelnen Bezirken durch Mehrheitsbeschlüsse Umweltbelastungsniveaus festgelegt werden. Die verschiedenen Bezirke der Ökonomie offerieren den Konsumenten eine Palette alternativer Umweltbelastungsniveaus mit entsprechenden Entschädigungsleistungen, die auch indirekt in den Preisen für Wohnraumnutzungen verrechnet sein können.[1]
Ein rational handelnder Konsument wählt aus diesen Angeboten über eine Wanderungsentscheidung den seinen Vorstellungen am besten entsprechenden Bezirk. Ein gleichgewichtiger Zustand ist erreicht, wenn kein Individuum einen Wohnortwechsel anstrebt. Eine rigorose Formulierung von Tiebout-Modellen zur Allokation lokaler öffentlicher Güter findet sich erst in neueren Litera-

---

1) Es ist denkbar, daß sich Unterschiede in den lokalen Umweltqualitätsniveaus nicht in den Grundstückspreisen kapitalisieren. Etwa wenn von verschiedenen Bezirken explizit Tupel aus Umweltbelastungsniveaus und direkten Entschädigungszahlungen offeriert werden.

turbeiträgen. [1] Es zeigt sich, daß Tiebout-Gleichgewichte nur unter sehr restriktiven Prämissen existieren und/oder Pareto-optimale Allokationen erzeugen.

Interregionale Mobilität - und damit mögliche Wanderungsanpassungen der Konsumenten an veränderte Umweltbedingungen - bleiben hier unberücksichtigt. Insofern kann der vorliegende Ansatz als kurzfristige Analyse interpretiert werden. Diese Interpretation gilt auch für die hier modellierten Interdependenzen im Umweltbereich zwischen zwei Regionen. Es wird davon ausgegangen, daß interregionale Schadstoffdiffusionsvorgänge zeitinvariant sind. Dies muß nicht notwendigerweise der Fall sein. Denkbar wäre, daß in der Zeit - etwa aufgrund geänderter Technologien - interregionale Zusammenhänge im Umweltbereich Änderungen aufweisen. Ein Beispiel hierfür ist die sogenannte "High-Stack-Policy" und "Border-Region-Policy", die das Ziel verfolgt, durch geeignete Technologien (hohe Schornsteine) die interregionale Schadstoffdiffusion zum eigenen Vorteil zu manipulieren. [2]

In gewisser Weise ähnlich zum Tiebout-Ansatz versucht der Property-Rights-Ansatz,durch Privatisierung öffentlicher Güter das damit verbundene Allokationsproblem zu lösen. [3] Können der

1) Eine erste formal spezifizierte zusammenfassende Darstellung einer Theorie lokaler öffentlicher Güter findet sich bei Stiglitz (1977). Die Frage der Existenz von Wanderungsgleichgewichten sowie deren Effizienz wird diskutiert von Westhoff (1977), Starett (1978), Wooders (1978), (198o), Bewley (1981). Eine neueren Literaturüberblick über Club-Güter und lokale öffentliche Güter geben Sandler und Tschirhart (198o). Eine deutschsprachige Diskussion des Tiebout-Theorems mit stärkerer Akzentuierung des Problems der optimalen Gemeindegröße (Club-Größe) geben Dudenhöffer und Gebauer (1982).

2) Vgl. hierzu Siebert (198o), (1982).

3) Einen etwas zurückliegenden Literaturüberblick über die Theorie der Eigentumsrechte geben Furubotn und Pejovich (1972). Eine neuere Debatte des Ansatzes der Eigentumsrechte im umweltökonomischen Zusammenhang ist in einem von Wegehenkel (198o) herausgegebenen Konferenzband abgedruckt.

Umwelt Nutzungsrechte zugewiesen werden, lassen sich Pseudo-Märkte ("Verhandlungsmärkte") etablieren. Offensichtlich ist diesen Allokationsvorschlägen - wie von Windisch (1981) und Pethig (1981) betont - ein klassisches Freifahrerproblem immanent, da innerhalb einer Interessengruppe (Konsumenten) ein gemeinsamer Konsum an dem öffentlichen "Ungut" Umweltbelastungen vereinbart werden muß. Von Interesse wird das auf Coase (196o) zurückgehende Koordinationsinstrument der "Verhandlung" in einem bundesstaatlichen oder internationalen Zusammenhang. Liegen interregionale externe Effekte im Umweltbereich eines Mehrregionensystems - etwa in Form einseitiger interregionaler Schadstoffdiffusionen - vor, stellt sich die Frage, ob unter gleichen Informationsvoraussetzungen eine zentral (national) verankerte Umweltpolitik aus Effizienzgründen einer dezentral organisierten - autonome regionale Behörden besitzen umweltpolitische Entscheidungsbefugnis auf regionaler Ebene - vorzuziehen ist [Siebert (1975), (1978 b), (1981 a)]. In einem Zwei-Regionen-Modell mit einseitigen interregionalen Schadstoffdiffusionen läßt sich - bei Anwendung eines Resultats von Nash (1953) aus der Theorie kooperativer Spiele - zeigen, daß dezentrale und zentrale Umweltpolitiken hinsichtlich der Effizienz äquivalent sind [Dudenhöffer (1979)]. In dem hier verfolgten Ansatz wird davon ausgegangen, daß eine derartige interregionale Übereinkunft - entweder als Ergebnis eines Zwei-Regionen-Verhandlungsspiels oder aufgrund zentral verankerter Beschlüsse - vorliegt. Die Übereinkunft sieht vor, daß sowohl inner- als auch interregional das sogenannte Verursacherprinzip (Polluter's Pays Principle) Anwendung findet. Analog wie oben kann daher das hier diskutierte Markt- und Abstimmungsmodell zur Umweltallokation als Zeitausschnitt eines langfristigen Prozesses aufgefaßt werden.

2. UMWELTALLOKATION DURCH MEHRHEITSWAHL. EIN REGIONALISIERTES MARKT- UND ABSTIMMUNGSMODELL

2.1 Problemstellung

In diesem Kapitel wird das Grundmodell einer Zwei-Regionen-Ökonomie entworfen, in welcher Umweltbelastungen durch Referenden festgelegt und alle anderen Güter durch Märkte bereitgestellt werden. Dieses Grundmodell dient als Ausgangspunkt der späteren Analysen und wird daher entsprechend allgemein formuliert. Das Modell wird als ein allgemeines Gleichgewichtsmodell mit (n + 2) rein privaten Gütern und zwei rein öffentlichen Gütern - den Umweltqualitätsniveaus der beiden Regionen - spezifiziert. Da zwischen den beiden Regionen einseitige interregionale Schadstoffdiffusionsprozesse stattfinden, besitzt das Problem der Umweltallokation eine regionale Dimension. Für diesen Modellzusammenhang wird unter Standardprämissen der allgemeinen Gleichgewichtstheorie die Existenz eines kombinierten Markt- und Abstimmungsgleichgewichts gezeigt. In Abschnitt 2.5 erfolgt ein Vergleich des Markt- und Abstimmungsgleichgewichts mit dem Preis-Standard-Gleichgewicht und dem Lindahl-Gleichgewicht. Ferner wird in Abschnitt 2.5 ein Resultat über die Optimalität des Markt- und Abstimmungsgleichgewicht referiert. Zunächst erfolgt jedoch im nachstehenden Abschnitt 2.2 eine allgemeine Charakterisierung von Wahl- oder Abstimmungsgleichgewichten.

2.2 Die Charakterisierung von Mehrheitswahlgleichgewichten

Eine Wahl- oder auch Abstimmungsregel kann in einer ersten Umschreibung als Verfahren oder Technik zur Ermittlung von Gruppenentscheidungen charakterisiert werden. Ein Gruppenentschei-

dungsproblem liegt vor, wenn eine Zahl von n Individuen mit dem Problem konfrontiert ist,aus einer ihr vorgegebenen Menge Z von Alternativen - dem Alternativen- oder Politikraum - eine Auswahl zu treffen. Ein mögliches Auswahlverfahren ist,eine ganze Zahl d vorzugeben, welche die kleinste Zahl von Individuen angibt, die die Selektion einer bestimmten Alternative z des Politikraums Z verhindern kann. Eine solche Zahl d ist eine Mehrheitswahlregel.

Ob ein Gruppenentscheidungsproblem mit einer Mehrheitswahlregel d lösbar ist - es also eine Alternative im Politikraum gibt, deren Auswahl von weniger als d Individuen verhindert wird -,ist damit noch nicht geklärt. Gibt es jedenfalls eine solche Alternative,besitzt die Mehrheitswahlregel d ein Mehrheitswahlgleichgewicht. Die Auswahl der Alternative $z \in Z$ wird dabei nach der Mehrheitswahlregel d verhindert, wenn es eine Alternative $z' \in Z$ gibt, die von mindestens d Wählern gegenüber z präferiert wird. Eine Alternative $\hat{z} \in Z$ ist demnach ein Mehrheitswahlgleichgewicht unter einer Mehrheitswahlregel d - im folgenden auch d-Mehrheitswahlgleichgewicht genannt -, wenn es keine Alternative $z \in Z$ gibt, die von mindestens d Individuen gegenüber der Alternative $\hat{z}$ präferiert wird. Definiert man $N = \{1,...,n\}$ als die Indexmenge der Individuen und geht man davon aus, daß für jedes Individuum $i \in N$ eine Nutzenfunktion u_i über der Alternativmenge definiert ist, so präferiert $i \in N$ genau dann $z \in Z$ gegenüber $z' \in Z$, wenn $u_i(z) > u_i(z')$ gilt. Bezeichnet $p(z',z) = \#\{i \in N \mid u_i(z) > u_i(z')\}$ die Anzahl der Individuen, die Alternative z gegenüber Alternative z' präferieren, kann ein d-Mehrheitswahlgleichgewicht formal beschrieben werden durch [1)]

---

1) Sei A eine Menge, so wird mit $\#A$ die Mächtigkeit der Menge A bezeichnet.

<u>Definition 2.1:</u>

Eine Alternative $\hat{z} \in Z$ heißt <u>d-Mehrheitswahlgleichgewicht</u>, wenn gilt $\{z \in Z \mid p(\hat{z},z) \geqq d\} = \phi$.

Die Definition 2.1 ist äquivalent zur Aussage, daß ein d-Mehrheitswahlgleichgewicht genau dann vorliegt, wenn beim paarweisen Abstimmungsvergleich mit jeder anderen Alternative des Politikraums jede andere Alternative von weniger als d-Individuen präferiert wird. Daher erfüllt ein d-Mehrheitswahlgleichgewicht $\hat{z}$ für jedes $z \in Z$ die Bedingung $p(\hat{z},z) < d$. Wählt man die ganze Zahl d als $d > n/2 \geqq (d-1)$, liegt die einfache Mehrheitswahlregel vor, womit eine Alternative $\hat{z} \in Z$ genau dann ein "einfaches" Mehrheitswahlgleichgewicht - oder kurz Mehrheitswahlgleichgewicht - ist, wenn $p(\hat{z},z) \leqq n/2$ für jedes $z \in Z$ erfüllt ist.

Für den Fall der einfachen Mehrheitswahlregel kann die Existenz multipler Mehrheitswahlgleichgewichte als auch die Nichtexistenz von Mehrheitswahlgleichgewichten anhand folgender Beispiele gezeigt werden. In dem durch Schaubild 2.1 illustrierten Fall wird von $n = 4$ Wählern und dem Politikraum $Z = \{z \in R \mid a \leqq z \leqq g\}$ ausgegangen. Ferner ist unterstellt, daß jeder Wähler eingipflige Präferenzen besitzt.

Offensichtlich ist für jedes $c \leqq \hat{z} \leqq e$ in Schaubild 2.1 die Bedingung $\{z \in Z \mid p(\hat{z},z) \geqq 3\} = \phi$ erfüllt, d.h. für jedes $z \in Z$ ist $p(\hat{z},z) \leqq n/2 = 2$ erfüllt, wenn $c \leqq \hat{z} \leqq e$ gilt. Da für jedes $z \in Z$, das nicht im geschlossenen Intervall [c,e] liegt, die eben genannte Bedingung nicht erfüllt ist, ist die Menge der einfachen Mehrheitswahlgleichgewichte in diesem Beispiel das Intervall [c,e]. Betrachten wir jetzt die Menge aller d=4-Mehrheitswahlgleichgewichte des Beispiels des Schaubildes 2.1. Diese Menge fällt mit dem Intervall [b,f] zusammen. Offensichtlich ist daher jedes d-Mehrheitswahlgleichgewicht ein

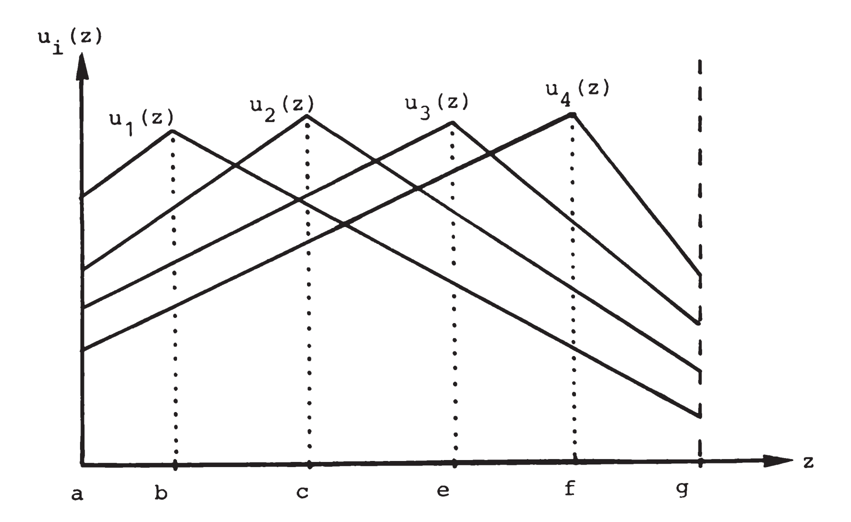


Schaubild 2.1

(d+1)-Mehrheitswahlgleichgewicht. Im obigen Beispiel kann also bei einfacher oder d=3-Mehrheitswahlregel die Auswahl einer bestimmten Alternative aus dem Politikraum verhindert werden, wenn mindestens 3 Wähler gegen diese Alternative stimmen. Bei einer d=4-Mehrheitsregel wäre dies nur dann der Fall, wenn mindestens 4 Wähler gegen diese Alternative stimmen.

In dem in Schaubild 2.2 dargestellten Fall wird von einem Politikraum, der aus genau 3 Alternativen - nämlich a, b und c - besteht, ausgegangen. Dieses Beispiel wird in der Literatur oft verwendet, um zu demonstrieren, daß bei Politikräumen mit mehr als 2 Alternativen i.a. Mehrheitswahlentscheidungen die - auf S.9 Fußnote 1 zitierten - Forderungen von Arrow nicht erfüllen.

Man erkennt im nachstehenden Schaubild 2.2 hierbei, daß $p(a,b) = 2$, $p(b,c) = 2$ und $p(c,a) = 2$ gilt, womit für jede Alternative $z' \in \{a,b,c\}$ gilt $\{z \in Z \mid p(z',z) \geqq 2\} \neq \varphi$ und gemäß Definiti-

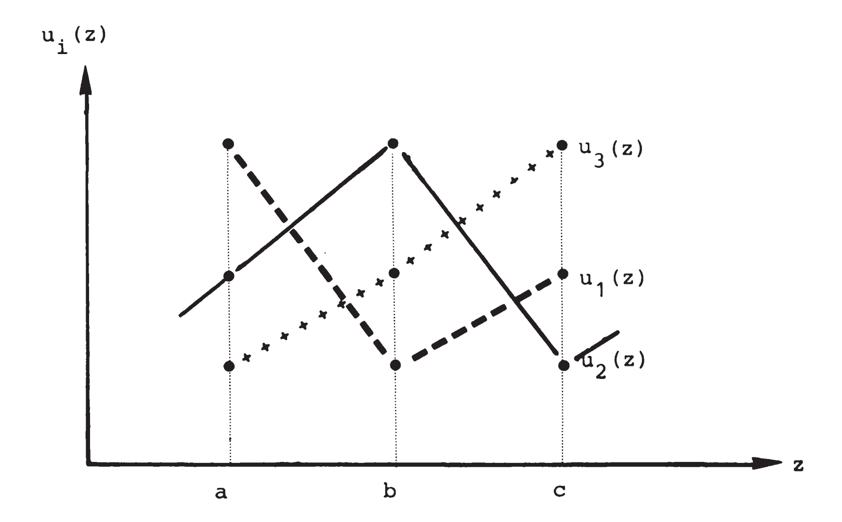


Schaubild 2.2

on 2.1 kein Mehrheitswahlgleichgewicht existiert. Da im vorliegenden Fall der Reihe nach jede Alternative durch eine andere Alternative überstimmt werden kann, wird auch von "zyklischen Mehrheiten" gesprochen.

In dem durch Schaubild 2.3 illustrierten Fall ist ein zweidimensionaler Politikraum $Z \subset R^2$ unterstellt.[1)] Z wird dabei gewählt als die Menge aller Punkte im Inneren und auf dem Rand des gleichseitigen Dreiecks ABC. Desweiteren wird davon ausgegangen, daß n = 3 Wähler vorhanden sind, wobei die Präferenzen des Wählers 1 durch Kreise um Punkt A, diejenigen des Wählers 2 durch Kreise um Punkt B und diejenigen des Wählers 3 durch Kreise um Punkt C abgebildet werden. So ist Wähler 1 gegenüber allen Alternativen des Politikraumes, die auf dem Kreissegment a z' a' liegen, indifferent und präferiert einen Punkt

---

1) Ein dem nachstehenden Beispiel ähnlichen Fall diskutiert Greenberg (1980), S.633

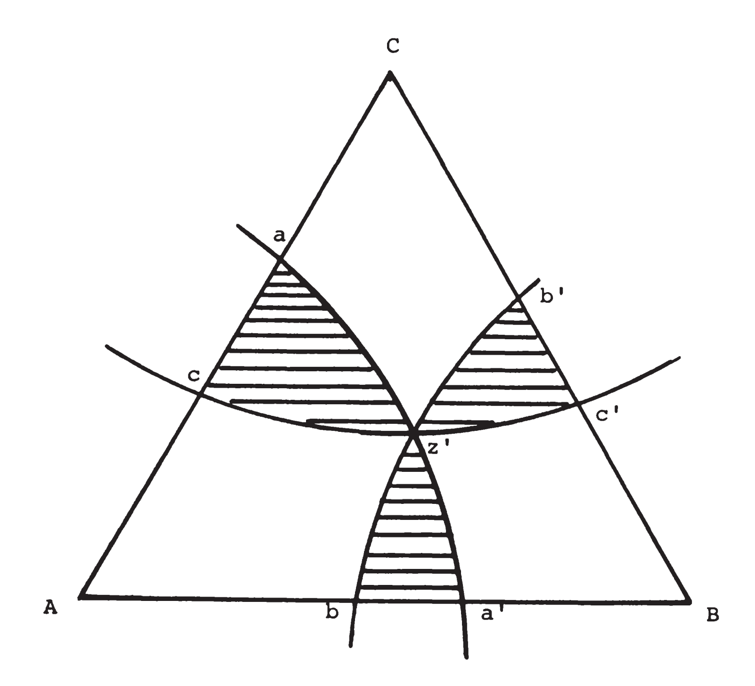


Schaubild 2.3

$z \in Z$ gegenüber z', wenn der Abstand des Punktes z zum Punkt A kleiner ist als der Abstand zwischen z' und A. Entsprechendes gilt für die Wähler 2 und 3. Aus Schaubild 2.3 wird deutlich, daß für jeden Punkt z, der im Inneren einer der schraffiert gezeichneten Mengen liegt,die Bedingung gilt: $p(z',z) = 2$. Daher ist Punkt z' kein Mehrheitswahlgleichgewicht. Da man für jedes $z \in Z$ derartige "schraffierte" Mengen finden kann, existiert für dieses Beispiel kein einfaches oder, in Worten der Definition 2.1, kein d=2-Mehrheitswahlgleichgewicht. Andererseits wird aus den eben gemachten Ausführungen deutlich, daß ein d=3-Mehrheitswahlgleichgewicht für dieses Beispiel existiert. Da für jeden Punkt $\hat{z} \in Z$ gilt, daß $p(\hat{z},z) \leq 2$ für jedes $z \in Z$ erfüllt wird, erhalten wir die Menge aller d=3-Mehrheitswahl-

gleichgewichte im vorliegenden Beispiel als die Menge Z.

Die vorgestellten Fälle lassen vermuten, daß einfache Mehrheitswahlgleichgewichte bei quasi-konkaven Nutzenfunktionen und eindimensionalen Politikräumen existieren, wohingegen im Falle mehrdimensionaler Politikräume bei geeigneter Wahl einer ganzen Zahl d entsprechende d-Mehrheitswahlgleichgewichte existieren. Diese Vermutungen werden präzisiert und bestätigt durch

Lemma 2.1 (J.Greenberg):

Sei der Politikraum Z eine nichtleere, kompakte und konvexe Teilmenge des R^m mit der Dimension m und die Präferenzen jedes Individuums $i \in N$ über dem Politikraum durch stetige quasikonkave Nutzenfunktionen abbildbar. Unter diesen Voraussetzungen existiert für $d > (m/(m+1))n$ ein d-Mehrheitswahlgleichgewicht. Wenn $d \leqq (m/(m+1))n$ gilt, gibt es n stetige, streng quasi-konkave Nutzenfunktionen derart, daß kein d-Mehrheitswahlgleichgewicht existiert.

Beweis:

Greenberg (198o), Theorem 1 und 2.

Der obige Hilfssatz verallgemeinert das Ergebnis von Black (1958), wonach bei eingipfligen Präferenzen über kompakten, konvexen eindimensionalen Politikräumen einfache Mehrheitswahlgleichgewichte existieren. Interessant am obigen Hilfssatz ist die Einbeziehung mehrdimensionaler Politikräume. Dabei gilt, daß bei steigender Dimension m des Politikraumes nur noch Gleichgewichte mit größerer Zahl d existieren. Im Extremfall unendlich dimensionaler Politikräume existieren dann i.a. lediglich n-Mehrheitswahlgleichgewichte, d.h. eine Alternative des Politikraumes kann hierbei nur dann verworfen werden, wenn alle Individuen gegen diese Alternative stimmen.

Ein Verfahren zur Ermittlung von d-Mehrheitswahlgleichgewichten ist der paarweise Vergleich aller möglichen Alternativen des Politikraumes. Stände ein Wahlleiter vor dem Problem, unter Gültigkeit der Voraussetzungen des obigen Hilfssatzes ein entsprechendes d-Mehrheitswahlgleichgewicht zu ermitteln, wären bei dieser Wahl unendlich viele Abstimmungsgänge notwendig. Dieses aufwendige Verfahren der Ermittlung von Wahlsiegern kann wesentlich vereinfacht werden, wenn eindimensionale Politikräume vorliegen. Unter dieser Voraussetzung ist die Menge der einfachen Mehrheitswahlgleichgewichte gleich der Medianmenge der individuell-besten Alternativen. Daher kann in diesen Fällen der Wahlleiter bei der Ermittlung von Mehrheitswahlgleichgewichten derart verfahren, daß jedem Individuum ein "Stimmzettel" zugeteilt wird, auf dem es die individuell-beste Alternative vermerkt und der Wahlleiter das Wahlergebnis über die Berechnung des Medians der abgegebenen Vorschläge bestimmt. Sei eine Indexmenge $N = \{1,...,n\}$ mit $n = \# N$ und für jedes $i \in N$ ein Element $\hat{z}_i \in Z \subset R$ definiert, so wird im folgenden die Medianmenge definiert durch

$$\underset{i \in N}{\text{median}}\ \hat{z}_i = \{z \in Z \mid \#\{i \in N \mid \hat{z}_i \geqq z\} \geqq n/2 \text{ und } \#\{i \in N \mid \hat{z}_i \leqq z\} \geqq n/2\}$$

Zusammenfassend läßt sich dann sagen

<u>Lemma 2.2:</u>

Sei Z eine nichtleere, kompakte und konvexe Teilmenge des R und für jedes $i \in N$ die Funktion $u_i : Z \to R$ streng quasi-konkav und stetig. Unter diesen Voraussetzungen ist $\hat{z} \in Z$ genau dann ein Mehrheitswahlgleichgewicht, wenn gilt:

$$\hat{z} \in \underset{i \in N}{\text{median}}\ \hat{z}_i$$

wobei für jedes $i \in N$ gilt: $u_i(\hat{z}_i) = \max\limits_{z \in Z} u_i(z)$

Beweis:

(i) Für jedes $i \in N$ ist die Menge $P_i(\hat{z}) \equiv \{z \in Z \mid u_i(z) > u_i(\hat{z})\}$ konvex: Sei $z', z'' \in P_i(\hat{z})$ und $0<\lambda<1$. Da die Funktion u_i streng quasi-konkav ist, gilt $u_i(\lambda z'+(1-\lambda)z'') > \min\,[u_i(z'), u_i(z'')]$ und wegen der Definition von $P_i(\hat{z})$ folgt $(\lambda z'+(1-\lambda)z'') \in P_i(\hat{z})$.

(ii) Da Z konvex, kompakt und nichtleer ist, u_i eine streng quasi-konkave Funktion ist, existiert für jedes $i \in N$ genau ein $\hat{z}_i$, womit $\underset{i \in N}{\text{median}}\ \hat{z}_i$ eine nichtleere Menge ist. Da

$\#\{i \in N \mid \hat{z}_i \geqq \hat{z}\} + \#\{i \in N \mid \hat{z}_i < \hat{z}\} = n$ gilt, ist wegen der Definition der Medianmenge die Aussage $\hat{z} \in \underset{i \in N}{\text{median}}\ \hat{z}_i$ äquivalent zu

(a) $\#\{i \in N \mid \hat{z}_i < \hat{z}\} \leqq n/2$ und $\#\{i \in N \mid \hat{z}_i > \hat{z}\} \leqq n/2$.

Da $P_i(\hat{z})$ konvex ist, gilt für jedes $i \in N$ entweder $P_i(\hat{z}) \subset A$ oder $P_i(\hat{z}) \subset B$ oder $P_i(\hat{z}) = \phi$, wobei $A \equiv \{z \in Z \mid z < \hat{z}\}$ und $B \equiv \{z \in Z \mid z > \hat{z}\}$. Die Aussage (a) ist deshalb äquivalent zur Aussage

(b) $\#\{i \in N \mid P_i(\hat{z}) \subset A\} \leqq n/2$ und $\#\{i \in N \mid P_i(\hat{z}) \subset B\} \leqq n/2$.

Da definitionsgemäß $\hat{z} \notin P_i(\hat{z})$ gilt, impliziert die Aussage (b)

(c) $\forall\ z \in Z$ gilt $\#\{i \in N \mid z \in P_i(\hat{z})\} \leqq n/2$

und wegen der Konvexität der $P_i(\hat{z})$ wird (b) von (c) impliziert.

Q.E.D.

2.3 Das Grundmodell einer Zwei-Regionen-Ökonomie

Nach diesen vorbereitenden Ausführungen zum Mehrheitswahlmechanismus kann jetzt das Grundmodell der Ökonomie beschrieben werden, welches den Rahmen für die Analyse des Allokationsinstrumentes der Mehrheitswahl absteckt. Es wird eine Ökonomie unterstellt, die aus zwei Regionen besteht und interregionale Verflechtungen im Güter- und Umweltbereich aufweist. In der Ökonomie gibt es (n+4) Güter, die vorwiegend durch $l = 1,\ldots,n+4$ in-

diziert werden. Die Güter $l = 1,...,n+2$ stellen private Güter dar, wobei die ersten n Gütertypen interregional vollständig mobil sind. Das (n+1)-te und (n+2)-te Gut sind Kuppelprodukte, die bei Produktionsaktivitäten in der Region 1 bzw. 2 anfallen. Da die einzige Verwendung dieser Kuppelprodukte ihre Abgabe an die Umwelt ist, werden sie als Emissionen bezeichnet. Die Güter (n+3) und (n+4) sind die Umweltbelastungsindikatoren der Region 1 bzw. 2 und werden auch regionale Immissionsniveaus genannt.

In der Ökonomie gibt es (K+1) Produzenten, wovon K_1 in Region 1 und $(K-K_1)$ in Region 2 angesiedelt sind. Ein Produzent j wird vollständig durch seinen Produktionsraum Y^j beschrieben. Für $j=1,...,K$ gilt dabei

$$Y^j \subset \{ y^j = (y_1^j,...,y_{n+2}^j) \mid (y_{n+1}^j, y_{n+2}^j) \geq 0 \text{ und } y_{n+1}^j = 0 \text{ für }$$

$$j=K_1+1,...,K \text{ sowie } y_{n+2}^j = 0 \text{ für } j=1,...,K_1 \} \subset R^{n+2}$$

Für den Fall, daß Gut l bei der Produktion $y^j \in Y^j$ ein Inputgut ist, wird dies durch $y_l^j < 0$ angezeigt. Wie aus der Definition des Produktionsraums erkennbar, ist unterstellt, daß ein Produzent die bei Produktionsprozessen anfallenden Kuppelprodukte nur in der Region an die Umwelt abgeben kann, in welcher sich seine Produktionsstätten befinden. Da jede Produktion nur Kombinationen der ersten (n+2) Güter umfaßt, ist von Rückwirkungen von Umweltzuständen auf die Produktionssektoren abstrahiert. Emissionen fallen bei der Produktion privater Güter als "variable Kuppelprodukte" an. [1] Damit ist es für einen Produzenten möglich, über Inputvariationen die Entstehung der Kuppelproduktion "einzuschränken", ohne die Ausbringung der an-

1) Der Begriff "variable Kuppelprodukte" wird in Anlehnung an R.Pethig (1979 a), S.19f. gebraucht. Diesem - auch Nettoansatz genannten - Konzept kann der sogenannte Bruttoansatz gegenübergestellt werden. Beim Bruttoansatz liegt eine feste Kopplung zwischen der Produktion von Outputgütern und Kuppelprodukten vor, wobei hier die Kuppelproduktion über einen Entsorgungssektor reguliert werden kann. Vgl. hierzu u.a.Siebert (1978 b),(1981 a) und insbesondere Kapitel 2 in Siebert, Eichberger, Gronych, Pethig (198o).

deren Outputgüter zu verändern. Für den Fall, daß y^j eine geplante Produktion des j-ten Produzenten ist, bezeichnet $y_{n+l} = \Sigma_{j=1}^{K} y_{n+l}^j$ das Emissionsangebot des Produktionssektors in Region $l = 1,2$, auch regionales Emissionsangebot genannt. Entsprechend wird der Vektor (y_{n+1}, y_{n+2}) gesamtwirtschaftliches Emissionsangebot genannt. Die Produktionsmengen Y^j der Produzenten $j=1,...,K$ sollen die folgenden Standardannahmen der allgemeinen Gleichgewichtstheorie erfüllen.

Annahme A (Technologien):

(a.1) Möglichkeit der Nullproduktion

$$0 \in Y^j \text{ für } j=1,...,K$$

(a.2) Stetigkeit und Konvexität

Y^j ist abgeschlossen und konvex für $j=1,...,K$

(a.3) Unmöglichkeit freier Produktion

$$Y \cap R_+^{n+2} \subset \{0\} \quad \text{mit } Y \equiv \Sigma_{j=1}^{K} Y^j$$

(a.4) Irreversibilität

$$Y \cap (-Y) \subset \{0\}$$

Neben den eben vorgestellten K Produktionsmengen gibt es eine Produktionstechnik Y^{K+1}. Diese Produktionstechnik wird auch Umwelttechnologie genannt und einem nicht näher spezifizierten Umweltproduzenten zugeordnet. [1] Dieser Umweltproduzent wird als Produzent K+1 indiziert. Über die Umwelttechnologie erfolgt die Beschreibung des Ökosystems der Ökonomie, womit durch diese "Technologie" ein Zusammenhang zwischen den an die Umwelt abgegebenen Emissionen und den Umweltbelastungs- oder Immissionsniveaus der Regionen definiert wird. Dabei gilt

---

1) Vgl. dazu auch die Verwendung der Ausdrücke "Umwelttechnologie" und "Umweltproduzent" bei Pethig (1979 a) in einem ähnlichen Zusammenhang.

Annahme B (Umweltbelastungen):

$$Y^{K+1} \equiv \{(e,z) \in R_+^{n+4} \mid e_1 = \ldots = e_n = 0,\ z_1 = Z_1(e_{n+1}, e_{n+2}),$$
$$z_2 = Z_2(e_{n+2}),\ 0 = Z_1(0,0) = Z_2(0) \text{ und } Z_1, Z_2 \text{ sind}$$
$$\text{stetige, monoton steigende, konvexe Funktionen} \}$$

Ist (e,z) eine geplante Produktion des Umweltproduzenten, so wird $e \equiv (e_1,..,e_{n+2})$ die gesamtwirtschaftliche Emissionsnachfrage und $z \equiv (z_1,z_2)$ das gesamtwirtschaftliche Immissions- oder Umweltbelastungsangebot genannt. Aus Annahme B ist ersichtlich, daß zwischen den Regionen einseitige interregionale Schadstoffdiffusionen unterstellt sind. Damit beeinträchtigt eine in der Region 2 emittierte Schadstoffeinheit über die Diffusionsfunktionen Z_1 und Z_2 den Umweltzustand in Region 1 und 2, während eine in Region 1 emittierte Schadstoffeinheit nur zu Umweltbeeinträchtigungen in derselben Region führt. [1] Ferner wird mit Annahme B unterstellt, daß es dem Umweltproduzenten nicht möglich ist, durch Einsatz von Faktoren Entsorgungsleistungen zu produzieren und somit zu Umweltqualitätsverbesserungen beizutragen. Da über die Diffusionsfunktionen Z_1, Z_2 eine eindeutige Zuordnung zwischen Emissionen und Umweltqualitätsbeeinträchtigungen definiert ist, wird über die Umwelttechnologie das Problem der verursachungsgerechten Zuordnung von Umweltqualitätsbeeinträchtigungen als gelöst vorgegeben, wenn diese technologischen Zusammenhänge hinreichend bekannt sind. Weiterhin ist aus Annahme B erkennbar, daß wegen der Definition der Diffusionsfunktionen die Umwelttechnologie eine nicht konvexe Menge ist. Wären die Emissions-Immissionszusammenhänge definiert durch $z_1 \geqq Z_1(e_{n+1}, e_{n+2})$, würde gegen das Gesetz der Erhaltung der Masse verstoßen, da für jeden vorgegebenen Betrag an Emissionen "unendliche" Umweltbelastungen möglich sind. Entsprechend wäre bei

1) Vgl. dazu auch H. Siebert (1978 b), S. 8 ff und insbesondere den in Kapitel 7 diskutierten "regionalen Allokationsaspekt".

$z_l \leqq z_l(e_{n+1}, e_{n+2})$ wegen der damit unterstellten freien Güterbeseitigung jedes Umweltproblem gegenstandslos.

In der Ökonomie gibt es N Konsumenten, für deren Kennzeichnung in der Regel der Index i=1,...,N verwendet wird. Von diesen N Konsumenten sind N_1 der Region 1 und $(N-N_1)$ der Region 2 zugeordnet. Die Konsumenten sind - wie die Produzenten - interregional völlig immobil und können daher nicht bei entsprechenden Anreizen ihren Wohnsitz in eine andere Region verlagern. In diesem Sinne kann die vorliegenden Beschreibung als kurzfristig interpretiert werden. Ein Konsument wird vollständig charakterisiert durch seine Konsummenge X^i, die seinen Präferenzen zuordenbare Nutzenfunktion u_i, seine Anfangsausstattung ω^i und seine Anteile $\Theta_{ij} \geqq 0$ an den Gewinnen aller Produzenten j=1,..,K+1, wobei $\Sigma_{i=1}^N \Theta_{ij} = 1$ für jedes j = 1,...,K+1 gilt. Dabei ist nicht ausgeschlossen, daß Konsumenten der Region 1 Gewinnanteilsrechte von Firmen besitzen,die in Region 2 angesiedelt sind und umgekehrt. Das Symbol x^i bezeichnet einen Konsum des i-ten Konsumenten an privaten Gütern und s^i seinen "Konsum" an Umweltbelastungen. Die Charakteristik eines Konsumenten $[X^i, u_i, \omega^i, [\Theta_{ij}]_{j=1}^{K+1}]$ soll folgenden Kriterien genügen.

<u>Annahme C (Konsumenten):</u>

(c.1) $X^i \equiv \{(x^i, s^i) \in R_+^{n+4} \mid x_{n+1}^i = x_{n+2}^i = 0\}$

(c.2) Die Nutzenfunktion u_i ist eine über X^i definierte, reellwertige, stetige, streng quasi-konkave Funktion mit der Eigenschaft: $u_i(\bar{x}^i, \bar{s}^i) > u_i(x^i, \bar{s}^i)$ für $\bar{x}^i \geq x^i$ und $u_i(\bar{x}^i, \bar{s}^i) > u_i(\bar{x}^i, s^i)$ für $\bar{s}^i \leq s^i$. [1]

(c.3) $\omega^i \in R_{++}^n \equiv \{ x \in R^n \mid x_l > 0$ für jedes $l=1,..,n \}$

Mit Annahme (c.2) wird unterstellt, daß die Konsumenten in Be-

---

1) Im folgenden wird mit $x \geq x'$ die Vektorrelation $x \geqq x'$ und $x \neq x'$ bezeichnet, wobei $x \geqq x'$ äquivalent zu $x_l \geqq x_l'$ für l=1,..,n+2 ist.

zug auf die ersten n-Güter unersättlich sind und eine Zunahme der Umweltbelastung s ceteris paribus immer als Minderung des Wohlbefindens bewerten. Da die den individuellen Präferenzen zuordenbare Nutzenfunktionen streng quasi-konkav sind, liegen streng-konvexe Indifferenzkurven vor. Die Nutzenfunktion eines Konsumenten kann daher für den Fall eines rein privaten Konsumgutes x und eines Umweltbelastungsindikators s wie im nachstehenden Schaubild dargestellt werden.

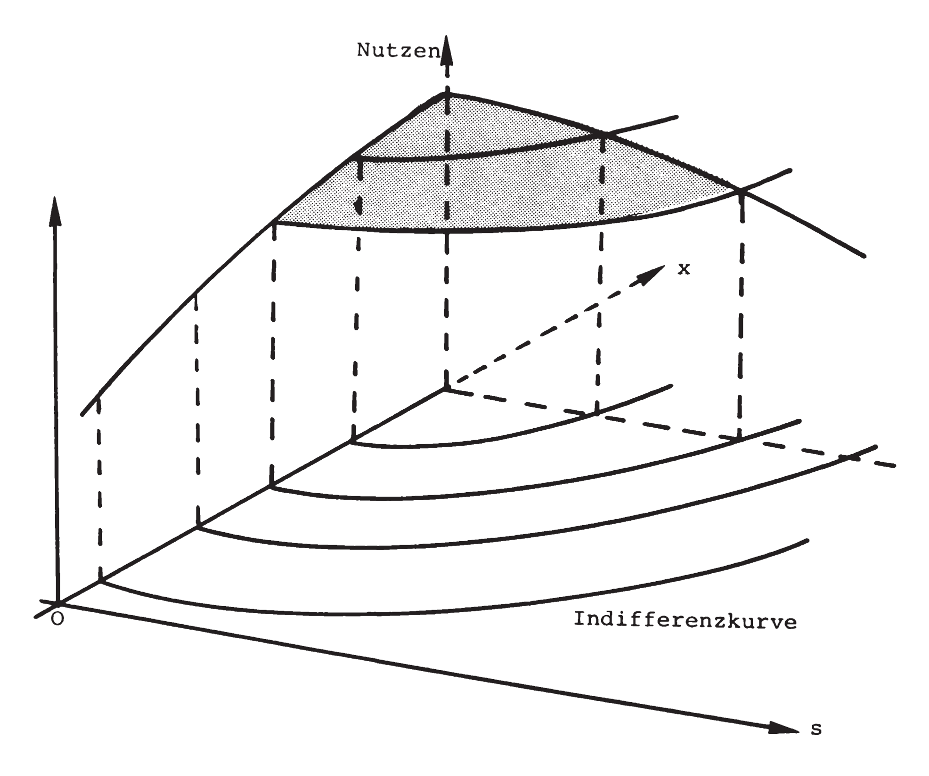


Schaubild 2.4

Für den Fall, daß $(x^i, s^i) \in X^i$ ein geplanter Konsum von Konsument i ist, wird $s^i \in R^2_+$ seine Umweltbelastungsnachfrage genannt, wobei s^i_1 mit $(s^i_1, s^i_2) \equiv s^i$ die Nachfrage des i nach Um-

weltbelastungen für Region 1 bezeichnet. Aus Annahme (c.1) ist erkennbar, daß wegen $x^i_{n+1} = x^i_{n+2} = 0$ der Konsument die bei Produktionsprozessen anfallenden und an die Umwelt abgegebenen Kuppelprodukte nicht direkt konsumieren kann. Des weiteren impliziert Annahme (c.1), daß bei Konsumvorgängen keine die Umwelt beeinträchtigenden Kuppelprodukte anfallen. Der zentrale Unterschied zwischen den Gütern $l=1,\dots,n+2$ und den Umweltbelastungsniveaus der Ökonomie wird durch die nachstehende Definition erreichbarer Allokationen verdeutlicht.

Definition 2.2:

Eine Allokation $[(x^i,s^i), (y^j), (e,z)]$ ist in Ökonomie $E \equiv \{[X^i,u_i,\omega^i], [Y^j], [\Theta_{ij}]\}$ erreichbar, wenn die nachstehenden Bedingungen erfüllt werden:[1)]

(a) $(x^i,s^i) \in X^i$ für jedes $i=1,\dots,N$

(b) $y^j \in Y^j$ für jedes $j=1,\dots,K$ und $(e,z) \in Y^{K+1}$

(c.1) $\Sigma\, x^i + e = \Sigma\, y^j + (\Sigma\, \omega^i, 0, 0)$

(c.2) $s^i = z$ für alle $i=1,\dots,N$

In der Definition 2.2 kommt durch (c.2) zum Ausdruck, daß Umweltbelastungen in Ökonomie E öffentliche "Übel" sind. M.a.W. kein Konsument der Ökonomie kann sich der vom Umweltproduzenten "bereitgestellten" Umweltbelastung entziehen, d.h. das sogenannte Nicht-Ausschlußprinzip besitzt im Umweltbereich Gültigkeit. Die Güter $l=1,\dots,n+2$ hingegen sind rein private Güter, womit das Ausschlußprinzip gilt. Daher ist

---

1) Wird der Summierungsoperator Σ nicht spezifiziert, gilt in allen weiteren Ausführungen bei "Summation über i" $i=1,\dots,N$ und bei "Summation über j" $j=1,\dots,K$. Somit ist z.B. $\Sigma\, x^i$ als $\Sigma_{i=1}^{N} x^i$ zu lesen.

eine notwendige Bedingung einer erreichbaren Allokation die in (c.1) der obigen Definition zum Ausdruck gebrachte Gleichheit zwischen der Summe der individuellen Nachfragen nach diesen Gütern und der Summe der individuellen Angebote dieser Güter. Über die Teile (a) und (b) der Definition 2.2 wird gefordert, daß bei einer erreichbaren Allokation der Konsumplan jedes Konsumenten und der Produktionsplan jedes Produzenten für diesen erreichbar ist, d.h. in dessen Konsum- bzw. Produktionsmenge liegt. Die Gleichheit zwischen der tatsächlich vorliegenden und der vom Umweltproduzenten bereitgestellten Umweltbelastung in einem erreichbaren Zustand wird über (b) und (c.1) der vorstehenden Definition impliziert. Hinsichtlich der Menge erreichbarer Allokationen der Ökonomie E läßt sich folgern

Lemma 2.3:

Sind die Annahmen (a.1), (a.2), (a.3), (a.4), B, (c.1) erfüllt, ist die Menge der erreichbaren Allokationen der Ökonomie E beschränkt.

Beweis:

Sei $X_L^i \equiv \{x^i \mid (x^i,s^i) \in X^i\}$ und $Y_e \equiv \{e \mid (e,z) \in Y^{K+1}\}$.
Zunächst gilt wegen der Annahme (a.1), (a.2), B, (c.1), daß X_L^i, Y^j, Y_e abgeschlossene, konvexe Mengen sind, die jeweils Null als Element enthalten, wobei X_L^i, $Y_e \subset R_+^{n+2}$. Da $o \in X_L^i \subset R_+^{n+2}$, folgt $[x^i \in X_L^i$ für jedes i und $\Sigma x^i \leqq o]$ impliziert $[x^i = o$ für alle i$]$. $o \in Y^j$ für jedes j impliziert $o \in Y \equiv \sum_{j=1}^{K} Y^j$, womit wegen Annahme (a.3) $Y \cap R_+^{n+2} = \{ o \}$ gilt.
Dies garantiert wegen $o \in \Sigma X_L^i \subset R_+^{n+2}$ und $o \in Y_e \subset R_+^{n+2}$ aber $\Sigma X_L^i \cap (Y-Y_e) = \{ o \}$.

Da $Y \cap R_+^{n+2} = \{o\}$, gilt: $\Sigma y^j \geqq o$ impliziert $\Sigma y^j = o$. Daher kann wegen $o \in Y^j$, $Y \cap(-Y) = \{o\}$ über eine zu Debreu (1959), S. 52 analoge Überlegung die Gültigkeit der Aussage "$[y^j \in Y^j$ für alle $j=1,..,K$ und $\Sigma y^j \geqq o]$ impliziert $[y^j = o$ für alle $j=1,..,K]$" bewiesen werden. Damit zeigt man durch Anwendung derselben Argu-

mente wie Pethig (1979 a),S.49 f die Beschränktheit der Menge der erreichbaren Allokationen der Ökonomie E.

Q.E.D.

2.4 Die Markt- und Mehrheitswahlallokation

Nachdem der Begriff der Mehrheitswahl präzisiert ist, die Methode der Ermittlung von Wahlsiegern durch Medianbildung erläutert wurde und das Modell der Zwei-Regionen-Ökonomie spezifiziert ist, kann das Allokationsverfahren des Modells - eine Kombination aus Markt- und Mehrheitswahlregeln - vorgestellt werden. Wie bereits in der zuvor gegebenen Beschreibung der Ökonomie E angedeutet, wird aufgrund der Zuordnung von Gewinnanteilen und Anfangsausstattungen auf einzelne Konsumenten von einer Ökonomie mit Privateigentum ausgegangen, wie sie etwa bei Debreu (1959) oder Nikaido (1968) definiert ist. Allokationsentscheidungen im privaten Güterbereich werden in der Ökonomie über den Markt koordiniert. Da alle privaten Güter marktfähig sind, gibt es für jedes dieser Güter einen einheitlichen Preis, wobei $p_l \in R_+$ den Preis des Gutes $l=1,\ldots,n+2$ und $(p_x, p_e) \in R_+^{n+2}$ mit $p_x \equiv (p_1,\ldots,p_n)$ und $p_e \equiv (p_{n+1}, p_{n+2})$ das Preissystem privater Güter bezeichnet. Die Besonderheit der Güter $l=n+1$, $n+2$ liegt darin, daß es aufgrund der Konstruktion der Ökonomie genau einen Nachfrager für diese Güter, nämlich den Umweltproduzenten gibt.

Umweltbelastungen oder Immissionen sind wegen des Nicht-Ausschlußprinzips nicht marktfähig. Dennoch werden diesen gesellschaftliche Bewertungskennziffern $p_{n+3}, p_{n+4} \in R_+$ zugeordnet und $p_s \equiv (p_{n+3}, p_{n+4})$ als Umweltbelastungspreissystem bezeichnet. Das von den Konsumenten einer Region angestrebte Qualitätsniveau der Umwelt dieser Region wird in der Ökonomie über eine Mehrheitsabstimmung ermittelt. Jeder Konsument ist deshalb mit ei-

nem "Stimmzettel" ausgestattet, auf welchem er bei der Wahl das von ihm angestrebte Immissionsniveau bzw. seine individuelle Umweltbelastungsnachfrage vermerkt. Ein Wahlleiter ermittelt dann das Wahlergebnis, indem er aus allen ihm mitgeteilten Umweltbelastungsnachfragen die "Medianumweltbelastung" bestimmt. Im folgenden werden zunächst die Entscheidungskalküle eines Konsumenten zur Bestimmung seiner individuellen Umweltbelastungsnachfrage beschrieben. Daran anschließend wird gezeigt, daß die den Präferenzen des Konsumenten über dem Politikraum zuordenbare indirekte Nutzenfunktion streng quasi-konkav ist.

2.4.1 Die individuelle Umweltbelastungsnachfrage

Bei der Bestimmung seiner individuellen Umweltbelastungsnachfrage steht ein Konsument folgendem Entscheidungsproblem gegenüber. Für gegebene Preise privater Güter setzt sich das Einkommen eines Konsumenten aus dem Wert seiner Anfangsausstattung und den an ihn fließenden Gewinnzahlungen der (K+1) Produzenten zusammen. Das Einkommen wird dazu verwendet, private Güter und Umweltbelastungen nachzufragen. Dabei geht der Konsument davon aus, daß er pro nachgefragter Umweltbelastungseinheit eine dem Umweltbelastungspreis p_s proportionale Entschädigung $\beta_i p_s$ erhält. Definiert man zur Kennzeichnung der Regionen die Indexfunktion k als

$$k(i) = \begin{cases} 1 & \text{für } i=N_1+1,\dots,N \\ 2 & \text{für } i=1,\dots,N_1 \end{cases}$$

besteht das Optimierungskalkül des Konsumenten i darin, bei gegebenem Preissystem $p \equiv (p_x, p_e, p_s)$, gegebener Umweltbelastung $s^i_{k(i)} = s_{k(i)}$ derjenigen Region, in welcher er nicht lebt, und gegebenem Einkommen diejenige Güterkombination (x^i, s^i) seiner Konsummenge auszusuchen, welche unter Beachtung seiner Budgetrestriktion die seinen Präferenzen zugeordnete Nutzenfunktion maximiert. Die Projektion dieser "besten" (n+4)-Tupel (x^i, s^i)

in ihre (n+3)-te oder (n+4)-te Koordinate ist dann die individuelle Nachfrage des Konsumenten nach Umweltbelastungen in seiner Region. Dies kann wie folgt formalisiert werden.[1)]

(2.1) $\sigma_i(p,s_{k(i)}) \equiv \text{proj}\ [l,h_i(p,s_{k(i)})]$ mit $l = n+3,n+4$

und $l \neq k(i)+n+2$ für $i = 1,\ldots,N$. Dabei ist

$h_i(p,s_{k(i)}) \equiv \{(x^i,s^i) \in B_i(p,s_{k(i)}) \mid u_i(x^i,s^i) \geqq u_i(x,s)$

für alle $(x,s) \in B_i(p,s_{k(i)})\ \}$

Die Budgetkorrespondenz B_i ist dabei definiert als

(2.2) $B_i(p,s_{k(i)}) \equiv \{(x^i,s^i) \in X^i \mid s^i_{k(i)} = s_{k(i)}$ und $(p_x,p_e)x^i - \beta_i p_s s^i \leqq I_i(p)\}$ wobei $I_i(p) \equiv p_x\omega^i + \sum_{j=1}^{K+1} \Theta_{ij}\pi_j(p)$.

$\sigma_i(p,s_{k(i)})$ ist die Projektion der Nachfrage $h_i(p,s_{k(i)})$ des i-ten Konsumenten in deren (n+3)-te oder (n+4)-te Koordinate und gibt damit für gegebenes Preissystem p und gegebene Umweltbelastung $s_{k(i)}$ die "nutzenmaximale" Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten für die ihm zugeordnete Region an. Die Budgetkorrespondenz B_i beschreibt die Menge aller Konsummöglichkeiten, die der Budgetrestriktion des i genügen und in dessen Konsummenge X^i liegen. Dabei bezeichnet $\pi_j(p)$ den maximalen Gewinn für das Preissystem p von Produzent j, $\sum_{j=1}^{K+1} \Theta_{ij}\pi_j(p)$ sind die beim Preissystem p dem Konsumenten zufließenden Gewinnzahlungen und $\beta_i p_s s^i$ kann als die dem Konsumenten zugeordnete "Umweltbelastungszahlung" interpretiert werden. Der Vektor $\beta_i \in R^2$ ist ein exogen gegebener Verteilungsparameter, wobei $\sum_{i=1}^{N} \beta_i = (1,1)$ erfüllt

1) Sei $A \subset R^m$, so wird im folgenden proj Projektionsfunktion genannt, und es gilt $\text{proj}\ [i,A] \equiv \{a_i \in R \mid a_i$ ist die i-te Komponente eines Elementes $a \in A \subset R^m$ mit $i \leqq m\}$.

ist. Damit ist $\beta_i p_s$ als "personalisierter Preis" der Umweltbelastungen interpretierbar. Der Gegensatz zu den sogenannten "personalisierten Preisen" im Sinne Lindahls bildet in diesem Modellzusammenhang die Exogenität des Vektors $\beta \equiv (\beta_1, ..., \beta_N)$.[1)]

2.4.2 Die gesamtwirtschaftliche Umweltbelastungsnachfrage

Nachdem die individuellen Entscheidungskalküle bei einer Abstimmung über das Ausmaß der Bereitstellung an Umweltqualität beschrieben sind, interessiert der spezifische Abstimmungsmodus zur Ermittlung der Umweltqualitätswünsche des Konsumsektors der Ökonomie. Zunächst wird davon ausgegangen, daß ein Konsument nur in derjenigen Region über das Abstimmungsverfahren ein Mitspracherecht bei der Umweltqualitätsfestlegung hat, der er durch die vorgenommene Indizierung fest zugeordnet ist. Damit entfallen die im Abschnitt über die Mehrheitswahl skizzierten Probleme der Bestimmung von Wahlsiegern über mehrdimensionalen Politikräumen. Aus diesem Grunde und wegen der durch (2.1) gegebenen Definition der individuellen Umweltbelastungsnachfragen wird der Politikraum der Region l=1,2 durch $S_l = R_+$ beschrieben.[2)] Wie durch die Beziehungen (2.1), (2.2) beschrieben, ermittelt ein Konsument aus der Region l bei gegebenem Preissystem, gegebenem Einkommen und gegebener Umweltbelastung der Region, in welcher er nicht lebt, über den Politikraum S_l seine individuelle Umweltbelastungsnachfrage, um sie einem Wahlleiter mitzuteilen. Offensichtlich können daher bei gege-

1) Eine ausführliche Kommentierung der Parameter β_i wird in Abschnitt 2.5, S.48 ff gegeben.

2) Nach Annahme (c.1) ist $(x^i, s) \in X^i$ nur dann erfüllt, wenn $s \in R^2_+$ erfüllt ist. Da $\beta_i p_s \in R^2_+$ gilt, liegen für jedes $s \in S_1 \times S_2$ nicht negative Umweltbelastungszahlungen vor, womit bei $I_i(p) \geq 0$ für jeden Konsumenten ein Überlebenskonsum garantiert ist. Wäre hingegen $\beta_i p_s s \in R$ und s eine durch Abstimmung festgelegte Umweltbelastung, könnte à priori $I_i(p) + \beta_i p_s s < 0$ für einige Konsumenten nicht ausgeschlossen werden. In diesem Falle müßte zur Vermeidung des Bankrotts einzelner Konsumenten der Politikraum etwa analog zu Slutzky (1977), S.308 beschränkt werden. Eine derartige Beschränkung kann als Minderheitenschutz interpretiert werden [Dudenhöffer (1980), S.12 ff]. Da im vorliegenden Zusammenhang keine solche Beschränkung von Mengen vorgenommen wird, liegt kein spezieller Minderheitenschutz vor.

benem Preissystem $p \in R_+^{n+4}$ und gegebenem Einkommen $I_i(p) > 0$ die Präferenzen eines Konsumenten über der Menge $S \equiv S_1 \times S_2$ durch eine indirekte Nutzenfunktion $v_i : S \rightarrow R$ abgebildet werden.[1)] Die durch die Funktion v_i abgebildeten Präferenzen erhält man daher über die Lösung eines Maximierungsproblems. Dabei ist v_i für $i=1,...,N$ definiert als

$$v_i(s) = \max \{u_i(x,s) \mid x \in B_i^b(p,s)\}$$

wobei $B_i^b(p,s) \equiv \{x \in X_L^i \mid (p_x,p_e)\, x \leqq I_i(p) + \beta_i p_s s\}$ und

$$X_L^i \equiv \{x \in R_+^{n+2} \mid (x,s) \in X^i\} \text{ gilt.}$$

$B_i^b(p,s)$ wird die bedingte Budgetmenge des Konsumenten i genannt und gibt für gegebenes Preissystem und gegebene Umweltbelastungsnachfrage die Menge erreichbarer Konsummöglichkeiten privater Güter des i an. Bezeichnet H_i, definiert als $H_i(p,s) = \{x \in B_i^b(p,s) \mid u_i(x,s) = v_i(s)\}$, die bedingte Nachfragefunktion des Konsumenten i nach privaten Gütern und wird für festes $p \in R_+^{n+4}$ geschrieben $H_i(p,s) = \tilde{H}_i(s)$, gilt offensichtlich

$$v_i(s) = u_i(\tilde{H}_i(s),s) \quad \text{mit } \tilde{H}_i(s) = H_i(p,s) \text{ und } p \text{ konstant.}$$

Für den Fall eines privaten Gutes und eines Umweltbelastungsindikators $s \in R_+$ läßt sich die Konstruktion der indirekten Nutzenfunktion v_i durch das nachstehende Schaubild 2.5 verdeutlichen. Im ersten Quadranten dieses Schaubilds ist die indirekte Nutzenfunktion eines Konsumenten i für gegebene Preise und gegebenes Einkommen $I_i(p)$ eingezeichnet. Diese indirekte Nutzenfunktion wird konstruiert, indem die im II. Quadranten des Schaubilds 2.5 vorliegenden Werte der Schnitt- und Tangentialpunkte der Indifferenzkurven des Konsumenten i mit der Bud-

---

1) Der Ausdruck "indirekte" Nutzenfunktion ist hier nicht im Sinne Debreus (1959) als Abhängigkeit des Nutzenindexes von Preisen und Vermögen gebraucht, sondern gibt für gegebene Preise, gegebenes Vermögen, gegebenes $s_{k(i)}$ den Nutzenindex alternativer Umweltbelastungsniveaus an.

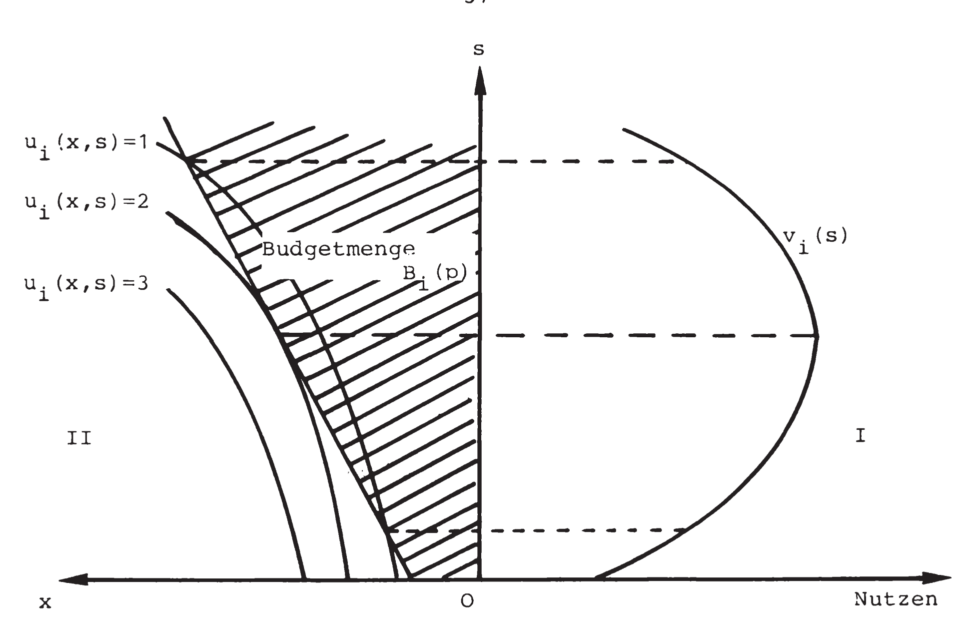


Schaubild 2.5

getgeraden dieses Konsumenten in Quadrant I übertragen werden. Schaubild 2.5 legt die Vermutung nahe, daß Stetigkeit und strenge Quasi-Konkavität der Nutzenfunktion u_i die strenge Quasi-Konkavität der indirekten Nutzenfunktion v_i impliziert. Diese Vermutung wird durch den nachstehenden Hilfssatz präzisiert und bewiesen.

Lemma 2.4:

Seien die Annahmen (c.1), (c.2) erfüllt, die konvexen Konsummengen $\bar{X}^i$ abgeschlossene und beschränkte Teilmengen von X^i sowie $I_i(p) > 0$. Unter diesen Voraussetzungen ist die indirekte

Nutzenfunktion jedes Konsumenten bei gegebenen semi-positiven Preisen streng quasi-konkav.

Beweis:

Sei $\bar{X}_L^i \equiv \{x \mid (x,s) \in \bar{X}^i\}$ und $\bar{S}_i \equiv \{s \mid (x,s) \in \bar{X}^i\}$ und $\bar{X}^i \subset X^i$ konvex und kompakt. Da im folgenden p und i fixiert sind, werden der Index i und die Argumentvariable p vernachlässigt. Zunächst zeigt man über Standardargumente die Stetigkeit der Budgetkorrespondenz $B^b : \bar{S} \to \bar{X}_L$, definiert als $B^b(s) = \{x \in \bar{X}_L \mid (p_x, p_e)x \leq I + \beta p_s s\}$. Da $\bar{X}_L$ kompakt, B^b stetig und die Nutzenfunktion u stetig ist, folgt nach dem Satz von Berge die Stetigkeit der indirekten Nutzenfunktion $v : \bar{S} \to R$, definiert als $v(s) = \max \{u(x,s) \mid x \in B^b(s)\}$, und die Oberhalb-Semistetigkeit der Abbildung $\tilde{H} : \bar{S} \to \bar{X}_L$, definiert als $\tilde{H}(s) = \{x \in B^b(s) \mid u(x,s) = v(s)\}$. Da u streng quasi-konkav ist, enthält $\tilde{H}(s)$ genau ein Element, womit aufgrund der Oberhalb-Semistetigkeit $\tilde{H}$ stetig ist. Da $H(\tilde{s})$ für jedes $s \in \bar{S}$ genau ein Element enthält, wird es durch die Funktion $\tilde{\tilde{H}}$, definiert als $\{ \tilde{\tilde{H}}(s) \} = \tilde{H}(s)$ ersetzt.

Strenge-Quasi-Konkavität der indirekten Nutzenfunktion v verlangt, daß für beliebige $\bar{s}, \bar{\bar{s}} \in \bar{S}$ mit $\bar{s} \neq \bar{\bar{s}}$, $v(\bar{s}) \geq v(\bar{\bar{s}})$, $\bar{x} = \tilde{\tilde{H}}(\bar{s})$, $\bar{\bar{x}} = \tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}})$ die Bedingung $v(s^\lambda) > v(\bar{\bar{s}})$ für $0<\lambda<1$ und $s^\lambda \equiv \lambda\bar{s} + (1-\lambda)\bar{\bar{s}}$ erfüllt ist. Die Konvexität der Budgetmenge $B(p) \equiv \{(x,s) \in \bar{X} \mid (p_x, p_e)x - \beta p_s s \leq I(p)\}$ und $[\tilde{\tilde{H}}(\bar{s}), \bar{s}], [\tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}}), \bar{\bar{s}}] \in B(p)$ impliziert $[\lambda\tilde{\tilde{H}}(\bar{s}) + (1-\lambda)\tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}}), s^\lambda] \in B(p)$, und per Definition gilt $[\lambda\tilde{\tilde{H}}(\bar{s}) + (1-\lambda)\tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}})] \in B^b(s^\lambda)$, womit $u(\lambda\tilde{\tilde{H}}(\bar{s}) + (1-\lambda)\tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}}), s^\lambda)$ ein erreichbarer Nutzenindex ist. Da $v(s^\lambda) = \max \{ u(x,s^\lambda) \mid x \in B^b(s^\lambda)\}$ $= u(\tilde{\tilde{H}}(s^\lambda), s^\lambda)$, ist aber auch $u(\tilde{\tilde{H}}(s^\lambda), s^\lambda) \geq u(\lambda\tilde{\tilde{H}}(\bar{s}) + (1-\lambda)\tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}}), s^\lambda)$ erfüllt, was wegen der strengen Quasi-Konkavität der Nutzenfunktion $u(\lambda\tilde{\tilde{H}}(\bar{s}) + (1-\lambda)\tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}}), s^\lambda) > u(\tilde{\tilde{H}}(\bar{\bar{s}}), \bar{\bar{s}}) = v(\bar{\bar{s}})$ impliziert.

Q.E.D

Da die Funktion v_i streng quasi-konkav über der Menge $S = S_1 \times S_2$ ist, ist v_i auch streng quasi-konkav über der Menge $R_+ \times \{s_{k(i)}\} \subset S$. Daher existiert bei geeigneter Kompaktifizierung des Politikraumes S für gegebenes $p \in R_+^{n+4}$ und gegebenes $s^i_{k(i)} = s_{k(i)}$ nach dem in Abschnitt über die Mehrheitswahl Gesagten ein Mehrheitswahlgleichgewicht. Weiterhin sind die Voraussetzungen des Lemma 2.2 erfüllt, und das Mehrheitswahlgleichgewicht kann über das Medianmaß errechnet werden. Die Abstimmung zur Ermittlung der regionalen Umweltbelastungsnachfragen wird deshalb derart durchgeführt, daß jeder Konsument bei gegebenen Preisen und gegebenem $s^i_{k(i)} = s_{k(i)}$ einem Wahlleiter anonym seine individuelle Umweltbelastungsnachfrage mitteilt. Der Wahlleiter bestimmt aus der Menge der mitgeteilten individuellen Umweltbelastungsnachfragen durch Medianbildung über dieser Menge die jeweiligen regionalen Umweltbelastungsnachfragen, womit für die Umweltbelastungsfrage der Ökonomie gilt:

$$(2.3) \quad \zeta(p,s) = \underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \; \sigma_i(p,s_{k(i)}) \times \underset{i=N_1+1,..,N}{\text{median}} \; \sigma_i(p,s_{k(i)})$$

Wie aus (2.3) erkennbar ist, wird davon ausgegangen, daß kein Wahlberechtigter die Möglichkeit der "Stimmenthaltung" nutzt.[1)2)]

---

1) Bei temporärer Stimmenthaltung einzelner Wahlberechtigter kann die später noch nachzuweisende Oberhalb-Semistetigkeit der regionalen Umweltbelastungsnachfragekorrespondenzen nicht gezeigt werden. Die Oberhalb-Semistetigkeit der eben genannten Korrespondenzen wird für ein Fixpunktargument beim Existenzbeweis des noch zu definierenden kombinierten Markt- und Abstimmungsgleichgewichts benötigt.

2) Wird berücksichtigt, daß ein persönlicher Urnengang mit Kosten verbunden ist, tritt Wahlabstinenz bei Stimmbürgern auf. Die Problematik der Wahlabstinenz - in der angelsächsischen Literatur unter dem Begriff "Participation" bekannt - gewinnt dabei mit dem Ansteigen der Zahl der Wahlberechtigten an Brisanz. Analog zur Beschneidung des individuellen Preisbeeinflussungsspielraums auf privaten Gütermärkten bei steigender Zahl von Marktteilnehmern schrumpft bei steigender Wählerzahl die Möglichkeit eines Wählers, Einfluß auf das Abstimmungsresultat zu gewinnen. Während jedoch eine Teilnahme am Gütertausch selbst ohne jeglichen Preisbeeinflussungsspielraum einem Marktteilnehmer zu einem individuell höher eingeschätzten Güterbündel verhilft, ist eine Wahlbeteiligung, die das Abstimmungsresultat in keiner Weise beeinflußt, individuell nicht rational. Pazner und Wesley (1977) sprechen von einem "incentive compatibility problem in the participatory sense".

Die folgenden Überlegungen sollen zeigen, daß Stimmenthaltung für jeden Wähler nicht individuell rational ist. Individuelle Rationalität ist dabei nicht im Hurwicz'schen (1972) Sinne gebraucht , wonach die mangelnde Vorteilhaftigkeit der Teilnahme an dem Spiel über den gesamten Prozeßverlauf ausgeschlossen wird, sondern individuelle Rationalität stellt hier auf die Vorteilhaftigkeit der Teilnahme am Spiel auf einer Stufe des Anpassungsprozesses ab. [1)]

Setzt man voraus, daß die Abstimmungen keinen Ressourcenverzehr verursachen, also die Wahlkosten für den Einzelnen und die gesamte Ökonomie - etwa die Bestimmung der individuellen Umweltbelastungsnachfragen oder die Ermittlung der Medianwerte - gleich null sind, ist es nach dem eben vereinbarten Begriffsinhalt individuell rational, an der Abstimmung teilzunehmen. Denn durch die Teilnahme an der Abstimmung besitzt ein Konsument die Möglichkeit, die "Mediannachfrage" seiner Region zu seinen Gunsten zu beeinflussen. Damit gibt es keine Konstellation individueller Umweltbelastungsnachfragen, welche die Position eines Wahlberechtigten bei Stimmenthaltung verbessern. Da andererseits Konstellationen der individuellen Umweltbelastungsnachfragen denkbar sind, welche die Verschlechterung der Position eines Wahlberechtigten bei Stimmenthaltung implizieren, folgt aus dem Nutzenoptimierungskalkül jedes Konsumenten dessen Wahlbeteiligung. Das Argument, einzelne Konsumenten zeigen Stimmenthaltung, da ihrer Meinung nach das Umweltproblem der Ökonomie in einem nicht näher präzisierten Sinne "aufgebauscht" ist, trifft damit auf die hier beschriebene Ökonomie nicht zu.

---

1) Die individuelle Rationalität des vorliegenden Allokationsverfahrens gemäß dem Hurwicz Kriterium wird bei der Analyse des Freifahrerproblems (Kapitel 4) untersucht.

2.4.3 Die Angebotsseite der Ökonomie

Die Entscheidungskalküle der Produzenten der Ökonomie lassen sich durch die folgenden Ausführungen charakterisieren. Die Produzenten j=1,...,K stehen bei gegebenem Preissystem $p \in R_+^{n+4}$ dem Problem gegenüber, die gewinnmaximalen Produktionspläne aus ihren Produktionsmengen Y^j auszuwählen. Daher lassen sich die Angebotskorrespondenzen der j=1,...,K Produzenten definieren als

$$(2.4) \quad g_j(p) = \{y^j \in Y^j \mid \Sigma_{l=1}^{n} p_l y_l^j - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} p_l y_l^j \geqq \geqq \Sigma_{l=1}^{n} p_l y_l - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} p_l y_l \quad \text{für alle } y \in Y^j\}$$

Die Projektion der Menge $g_j(p)$ in ihre (n+1)-te und (n+2)-te Koordinate ist das beim Preissystem p vorliegende Emissionsangebot des Produzenten j. Der Ausdruck $\Sigma_{l=n+1}^{n+2} p_l y_l^j$ wird die Emissionssteuerzahlung des j genannt,und $p_e \equiv (p_{n+1}, p_{n+2})$ heißt Emissionssteuervektor. Durch Aggregation über alle j=1,...,K erhält man die gesamtwirtschaftliche Angebotskorrespondenz g der Ökonomie als

$$(2.5) \quad g(p) = \Sigma\, g_j(p)$$

Analog zu den einzelwirtschaftlichen Angebotskorrespondenzen bezeichnet hier proj [n+1,y] × proj [n+2,y] mit $y \in g(p)$ ein gesamtwirtschaftliches Emissionsangebot beim Preissystem p.

Neben den Konsumenten und K Produzenten ist in der Ökonomie eine sogenannte Umweltbehörde etabliert. Nach dem Sprachgebrauch Pethig's (1979 a), S.71 besteht diese Behörde lediglich aus einer "technischen" Abteilung, womit die Funktion der Behörde auf die eines Umweltproduzenten reduziert ist. Die Aufgabe der Umweltbehörde oder des Umweltproduzenten besteht deshalb darin, bei gegebenem Preissystem $p \in R_+^{n+4}$ unter Beachtung der Umwelt-

technologie diejenigen Umweltbelastungen $z \equiv (z_1,z_2)$ anzubieten und diejenigen Emissionsmengen nachzufragen, welche die Gewinne der Behörde aus der "Umweltproduktion" maximieren.[1] Dabei ist vorausgesetzt, daß der Umweltproduzent die in Annahme B beschriebene Umwelttechnologie kennt. Daher läßt sich die Umweltbelastungsangebot- und Emissionsnachfragekorrespondenz des Produzenten K+1 formulieren als

$$(2.6) \quad F(p) = \{(e,z) \in Y^{K+1} \mid (p_x,p_e)e - p_s z \geqq (p_x,p_e)\bar{e} - p_s\bar{z} \quad \text{für alle } (\bar{e},\bar{z}) \in Y^{K+1}\}$$

Die Erlöse des Umweltproduzenten setzen sich wegen $(e,z) \notin Y^{K+1}$ für $e_l \neq 0$ mit $l=1,\ldots,n$ aus dem Emissionssteueraufkommen $p_e(e_{n+1},e_{n+2})$ zusammen,und seine Kosten ergeben sich als Summe der regionalen Umweltbelastungszahlungen $p_s z$, wobei wegen $0 \in Y^{K+1}$ auch $\pi_{K+1} \geqq 0$ gilt.

2.4.4 Der Umweltmarkt

Mit den vorstehenden Ausführungen sind die Kalküle zur Ermitt-

---

1) Eine andere Variante des "Verhaltens" der Behörde ist die Forderung nach ausgeglichenem Budget der Behörde. Unter dieser Variante ergäben sich die Umweltbelastungsangebote und Emissionsnachfragen der Behörde als die Menge der Tupel (e,z),welche bei gegebenem Preissystem p die Emissionssteueraufkommen und Umweltbelastungszahlungen der Behörde zu null summieren. Der Vorteil einer derart konstruierten Behörde ist darin zu sehen, daß die Konsumentennachfragen nach Umweltbelastungen nicht dadurch "verzerrt" werden, daß "Umweltproduktionsgewinnzahlungen" $\Theta_{iK+1}\,\pi^{K+1}$ dem Einkommen der Konsumenten zugeführt werden. Der Nachteil der genannten Variante besteht darin, daß die Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum $p_{n+3}(\partial Z_1/\partial e_{n+1}) - p_{n+1} = 0$ und $p_{n+3}(\partial Z_1/\partial e_{n+2}) + p_{n+4}(\partial Z_2/\partial e_{n+2}) - p_{n+2} = 0$ nicht erfüllt werden, womit die bewertete Umweltbelastung einer zusätzlichen Emissionseinheit nicht dem Emissionssteuersatz für diese Einheit entspricht. Ausgeglichenes Budget wie oben beschrieben impliziert daher paretoinferiore Zustände der Ökonomie.

lung der Umweltbelastungsangebote und -nachfragen sowie der Emissionsangebote und -nachfragen vollständig beschrieben. Obwohl im Umweltbereich der Ökonomie das Ausschlußprinzip in seiner strengen Form Gültigkeit besitzt, ist es aufgrund des "eingebetteten" Mehrheitswahlmechanismus möglich, durch Übertragen des traditionellen Angebots- und Nachfrageschemas einen "Umweltmarkt" zu simulieren. Akteure auf dem Umweltmarkt sind dabei die $j=1,...,K+1$ Produzenten und der "Mediankonsument". Die Zusammenhänge auf dem Umweltmarkt können anhand der nachstehenden Darstellung interpretiert werden. Schaubild 2.6 vermittelt eine partialanalytische Darstellung des umweltökonomischen Allokationsaspektes der Ökonomie E.

Auf der linken Hälfte des Schaubildes 2.6 sind die bei gegebenem Preissystem p ermittelten Umweltbelastungsnachfragen $s^1,...,s^N$ der $i=1,...,N$ Konsumenten aufgeführt. Gemäß dem beschriebenen Abstimmungsverfahren werden hieraus die regionalen Umweltbelastungsnachfragen s_1 und s_2 ermittelt. Diesen Umweltbelastungsnachfragen stehen beim Preissystem $p \in R_+^{n+4}$ die Umweltbelastungsangebote $z \equiv (z_1,z_2)$ gegenüber. Die Koordination der Umweltbelastungsangebote und -nachfragen erfolgt dann durch die Variation der Umweltbewertungskennziffern p_s. Der Anpassungsprozeß ist als Tâtonnement interpretierbar, d.h. überschreitet (unterschreitet) die jeweilige Umweltbelastungsnachfrage bei gegebenen Preisen p das jeweilige Angebot, senkt (erhöht) ein Auktionator die Preise p_s,bis ein Ausgleich beider Größen erreicht ist. Weichen bei diesen "neu" festgesetzten Preisen und weiterhin konstant gebliebenen Emissionssteuersätzen p_e die jeweiligen Emissionsangebote von den Nachfragen nach Emissionen der Behörde ab, greift erneut ein Auktionator ein und ändert bei gegebenen Preisen der übrigen Güter die Steuersätze p_e solange, bis ein "Emissionsmarkträumungspreis" vorliegt. Bei diesen "neuen" Emissionssteuern überdenkt der Umweltproduzent seine Umweltbelastungsangebote und der Medianwähler jeder Region

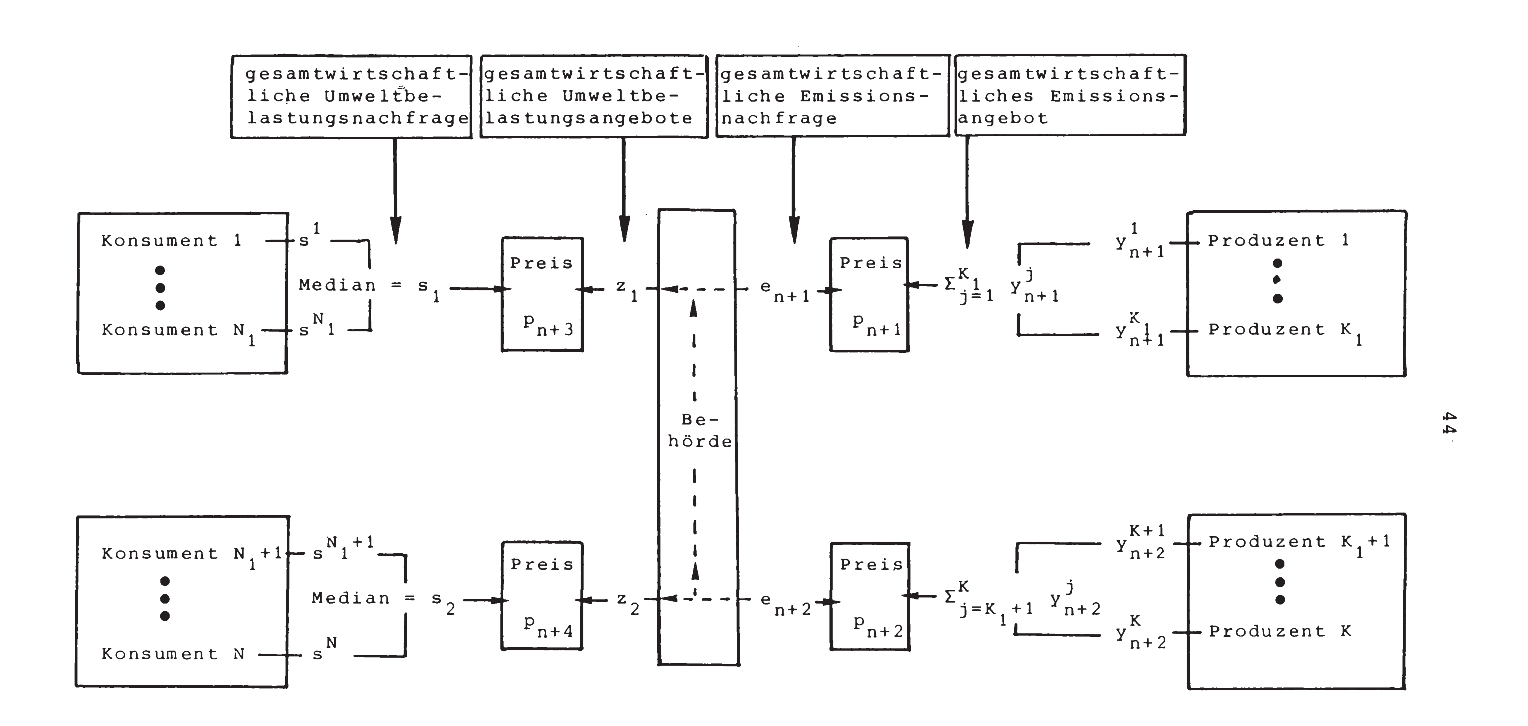


Schaubild 2.6

seine Umweltbelastungsnachfrage. Ergibt sich dabei, daß die regionalen Umweltbelastungsnachfragen den jeweiligen Angeboten entsprechen, ist der Prozeß in einem (partiellen) Gleichgewichtszustand angekommen. Liegt keine Übereinstimmung vor, setzt sich der Prozeß wie oben beschrieben fort.

2.4.5 Die Nachfrage nach privaten Gütern

Um das vorgestellte Modell zu vervollständigen, ist es notwendig, die Entscheidungskalküle der Konsumenten bei ihrer Nachfrage nach privaten Gütern offenzulegen. Für gegebene gesamtwirtschaftliche Umweltbelastungsnachfrage s und gegebenes Preissystem $p \in R_+^{n+4}$ setzt sich das Einkommen nach Umweltbelastungszahlung von Konsument i aus dem Wert seiner Anfangsausstattung, den an ihn fließenden Gewinnzahlungen der K+1 Produzenten und der ihm zustehenden Umweltbelastungszahlung $\beta_i p_s s$ zusammen. Bei gegebenem Einkommen nach Umweltbelastungszahlung bestimmt dann der Konsument unter Beachtung der für gegebene gesamtwirtschaftliche Umweltbelastungsnachfrage gültigen Budgetrestriktion seinen nutzenmaximalen Konsum privater Güter. Dies wird formalisiert durch

$$(2.7) \qquad H_i(p,s) = \{x^i \in B_i^b(p,s) \mid u_i(x^i,s) \geqq u_i(x,s) \quad \text{für alle } x \in B_i^b(p,s)\}$$

wobei die "bedingte" Budgetmenge $B_i^b(p,s)$ definiert ist als

$$(2.7a) \qquad B_i^b(p,s) = \{x \in X_L^i \mid (p_x,p_e)x \leqq I_i(p) + \beta_i p_s s\} \quad \text{und}$$

$$X_L^i \equiv \{x \in R_+^{n+2} \mid (x,s) \in X^i\}$$

Damit ist eine Zweistufigkeit des Konsumentenkalküls im Modell unterstellt. Auf Stufe 1 stehen die einzelnen Konsumenten dem durch die Beziehung (2.1), (2.2) charakterisierten Problem der

Bestimmung individueller Umweltbelastungsnachfragen gegenüber. Nachdem jeder Konsument diese Optimierungsaufgabe gelöst hat und über die beschriebene Abstimmung die Mediannachfrage nach Umweltbelastungen errechnet ist, stellt diese Umweltbelastungsnachfrage ein Datum für die einzelnen Konsumenten dar. Daher sieht sich jeder Konsument - mit Ausnahme des Medianwählers - geänderten einzelwirtschaftlichen Bedingungen gegenüber, womit sich das in den Beziehungen (2.7), (2.7a) geschilderte Maximierungsproblem der Stufe 2 stellt.

2.4.6 Das Markt- und Abstimmungsgleichgewicht

Durch die vorstehenden Ausführungen ist das Allokationsverfahren der Ökonomie hinreichend beschrieben. Eine Ökonomie, die über solch einen Allokationsmechanismus verfügt, wird im folgenden Markt- und Abstimmungsökonomie oder auch Bowen- Ökonomie genannt und mit dem Symbol E_B belegt. E_B ist dabei definiert als

$$E_B = \{[X^i, u_i, \omega^i], [Y^j], [\theta_{ij}], [\beta_i]\}$$

womit der auf den Seiten 30 und 32 eingeführte Begriff der Ökonomie mit Privateigentum durch die Hinzufügung des Parametervektors $[\beta_i]$ entsprechend erweitert ist. Im vorliegenden Zusammenhang interessieren jetzt Bedingungen, welche die Existenz eines kombinierten Markt- und Abstimmungsgleichgewichts der Ökonomie E_B garantieren. Was unter einem kombinierten Markt- und Abstimmungsgleichgewicht oder Bowen-Gleichgewicht verstanden wird, ist in der nachstehenden Definition gesagt.[1)]

Definition 2.3:

Ein Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B ist ein (N+K+1+1)-Tupel

---

1) Slutsky (1977), S.3o9 nennt ein derartiges Gleichgewicht "General Political Equilibrium". Der Begriff Bowen-Equilibrium wird von Bergstrom und Goodman (1973), Bergstrom (1979) und Tulkens (1978) verwendet.

$[(\hat{x}^i,\hat{s}),(\hat{y}^j),(\hat{e},\hat{z}),\hat{p}]$ mit $\hat{p} \geq 0$ derart, daß

(a) $\hat{x}^i \in H_i(\hat{p},\hat{s})$ für jedes $i=1,\ldots,N$

(b) $\hat{y}^j \in g_j(\hat{p})$ für jedes $j=1,\ldots,K$ und $(\hat{e},\hat{z}) \in F(\hat{p})$

(c.1) $\Sigma\hat{x}^i + \hat{e} = \Sigma\hat{y}^j + (\Sigma\omega^i,0,0)$

(c.2) $\hat{s} = \hat{z}$

(d) $\hat{s} \in \zeta(\hat{p},\hat{s})$

Die Bedingung (b) der Definition 2.3 besagt, daß der realisierte Produktionsplan jedes Produzenten - einschließlich des Umweltproduzenten - beim Gleichgewichtspreissystem $\hat{p}$ ein gewinnmaximaler Produktionsplan ist. Bedingung (a) fordert, daß beim Preissystem $\hat{p}$ und beim Umweltbelastungsniveau $\hat{s}$ jeder Konsument die für ihn nutzenmaximale Menge privater Güter $\hat{x}^i$ nachfragt. Das nutzenmaximale Umweltbelastungsniveau eines beliebigen Konsumenten, also $\sigma_i(\hat{p},\hat{s}_{k(i)})$, muß dabei nicht mit dem Umweltbelastungsniveau $\hat{s}$ übereinstimmen. Über die Bedingung (d) der Definition 2.3 wird gefordert, daß im Gleichgewicht die tatsächlich vorliegenden Umweltbelastungen der beiden Regionen den Mediannachfragen nach Umweltbelastungen entsprechen. Dies bedeutet, daß die beim Preissystem $\hat{p}$ über Mehrheitswahlen in den jeweiligen Regionen ermittelten Umweltbelastungen mit den tatsächlich vorliegenden Umweltbelastungen übereinstimmen. Mit Bedingung (c.1) wird verlangt, daß die Märkte für die rein privaten Güter $l = 1,\ldots,n+2$ geräumt sind. Entsprechend fordert (c.2) die Gleichheit zwischen Angebot und Nachfrage auf dem "Markt" für Umweltbelastungen.

Hinsichtlich der Existenz von Bowen-Gleichgewichten kann gefolgert werden

Satz 2.1 (Existenz):

Unter den Annahmen A, B, C, sowie der Annahme

(c') $\beta_i^1 \neq 0$ für $i=1,\ldots,N_1$ und $\beta_i^2 \neq 0$ für $i=N_1+1,\ldots,N$

mit $\beta_i \equiv (\beta_i^1, \beta_i^2)$

existiert ein Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B.

Der Beweis des Satzes ist im Anhang S. 195 ff aufgeführt.

2.5 Lindahl-, Preis-Standard- und Bowen-Gleichgewicht

In diesem Abschnitt wird die Einordnung des Begriffs Bowen-Gleichgewicht vorgenommen. Es zeigt sich, daß ein Bowen-Gleichgewicht als eine Stufe eines "Prozesses" interpretiert werden kann, der in einem Preis-Standard-Gleichgewicht startet und in einem Lindahl-Gleichgewicht endet. Dabei erweist es sich als nützlich,in formaler Hinsicht von den in der Literatur festgelegten Definitionen des Preis-Standard-Gleichgewichts [Baumol und Oates (1971), Pethig (1979 a), S.83f] und Lindahl-Gleichgewicht [Foley (197o), S.7o] abzuweichen.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Feststellung, daß sich der hier verwendete Begriff der Bowen-Ökonomie von dem sonst gebräuchlichen Begriff der Ökonomie mit Privateigentum, der in der Literatur den Definitionen des Lindahl- und Preis-Standard- Gleichgewichts zugrunde liegt,unterscheidet. Während eine Ökonomie mit Privateigentum definiert ist als

$$E = \{[X^i, u_i, \omega^i], [Y^j], [\Theta_{ij}]\}$$

wird durch den hier verwendeten Begriff der Bowen-Ökonomie E_B

die Ökonomie E durch einen Parametervektor $[\beta_i]$ angereichert. Nach dem Sprachgebrauch der Theorie der Eigentumsrechte kann der Parametervektor $[\beta_i]$ als Vorgabe eines speziellen Nutzungsrechtes an Umwelt aufgefaßt werden. Aus der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten entsteht in der Bowen-Ökonomie Faktoreinkommen, das über den "Schlüssel" $[\beta_i]$ den Konsumenten zugeteilt wird. Insofern ähnelt der Parameter β_i den exogen definierten Gewinnanteilsrechten Θ_{ij}. Das "Besondere" an diesem Nutzungsrecht ist, daß durch dieses Recht kein individueller Anspruch auf Festlegung des Ausmaßes der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten verbürgt ist.

Definition 2.4:

Ein (N+K+1+1)-Tupel $[(\hat{x}^i,\hat{s}),(\hat{y}^j),(\hat{e},\hat{z}),\hat{p}]$ mit $\hat{p} \geq 0$ ist ein Preis-Standard-Gleichgewicht der Ökonomie E_B mit dem Umweltbelastungsstandard s^U, wenn das Tupel die Bedingungen (a),(b), (c.1),(c.2) der Definition 2.3 erfüllt und zusätzlich gilt

(d') $\quad \hat{s} \leqq s^U$

Ein Vergleich der Definitionen 2.3 und 2.4 zeigt, daß die in einem Preis-Standard-Gleichgewicht vorliegende Umweltbelastung nicht notwendigerweise der Medianumweltbelastungsnachfrage entspricht.[1] Deshalb ist nicht jedes Preis-Standard-Gleichgewicht auch ein Bowen-Gleichgewicht. Da andererseits jede gleichgewichtige Umweltbelastung und damit insbesondere der Umweltbelastungszustand in einem Bowen-Gleichgewicht als ein Umweltbelastungsstandard interpretiert werden kann, ist klar,daß jedes

---

1) Es muß nicht ausdrücklich betont werden, daß der Begriff des Preis-Standard-Gleichgewichts auch Gleichgewichte mit Emissionsstandards e^U statt Umweltbelastungsstandards s^U umfaßt. Einen Überblick über die in der Literatur vorzufindenden Varianten von Preis-Standard-Gleichgewichten gibt Pethig (1979 a), S.81ff.

Bowen-Gleichgewicht ein Preis-Standard-Gleichgewicht ist. Dadurch,daß die Bedingung (d') in Definition 2.4 durch die Bedingung (d) der Definition 2.3 ersetzt wird, ist die Willkür der Standardfestlegung im Preis-Standard-Ansatz beseitigt und ein möglicher Erklärungsansatz einer Standardfestlegung angeboten.

Neben der Einordnung des Bowen-Ansatzes in die umweltökonomische Literatur gestattet Definition 2.4 eine erste Aussage über die Effizenz von Bowen-Gleichgewichten. Da jedes Preis-Standard-Gleichgewicht effizient in Bezug auf den Standard s^U ist, ist jedes Bowen-Gleichgewicht effizient in Bezug auf den Umweltbelastungsstandard in diesem Bowen-Gleichgewicht.[1] Bezeichnet demnach $[(\hat{x}^i,\hat{s}),(\hat{y}^j),(\hat{e},\hat{z})]$ die Allokation in einem Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B, gibt es keine erreichbare Allokation $[(\overset{*}{x}^i,\hat{s}),(\overset{*}{y}^j),(\overset{*}{e},\hat{z})]$ für Ökonomie E_B derart, daß $u_i(\overset{*}{x}^i,\hat{s}) \geqq u_i(\hat{x}^i,\hat{s})$ für $i=1,...,N$ gilt und die strenge Ungleichung für mindestens ein i erfüllt ist. Eine Einschätzung der eben gezeigten Effizienzeigenschaft liefert die Feststellung, daß bei hinreichend großer Zahl s^U eine Emissionssteuer- und Umweltbelastungspreiskombination $p_e = p_s = 0$ ein Preis-Standard-Gleichgewicht konstituiert. Ein solches Preis-Standard-Gleichgewicht beschreibt einen umweltpolitischen laissez-faire Zustand und wird nach Pethig (1979 a), S.69 auch umweltpolitisches Laissez-faire-Gleichgewicht genannt.

---

1) Ein Beweis der Behauptung,jedes Preis-Standard-Gleichgewicht ist effizient in Bezug auf den Umweltbelastungsstandard, findet sich bei Baumol und Oates (1971), S.46f sowie Pethig (1979 a), S.86. Obwohl Pethig nicht von Bowen-Ökonomien E_B , sondern Ökonomien mit Privateigentum E ausgeht, kann der eben zitierte Beweis analog übertragen werden.

Definition 2.5:

Ein (N+K+1+1)-Tupel $[(\hat{x}^i,\hat{s}),(\hat{y}^j),(\hat{e},\hat{z}),\hat{p}]$ mit $\hat{p} \geq 0$ ist ein Lindahl-Gleichgewicht der Ökonomie E_B, wenn das Tupel die Bedingungen (a),(b),(c.1),(c.2) der Definition 2.3 erfüllt und zusätzlich gilt [1]

(d'') $\hat{s} \in \sigma_i(\hat{p})$ für i=1,...,N

Da aus $\hat{s} \in \sigma_i(\hat{p})$ für i=1,...,N auch $\hat{s} \in$ median $[\sigma_1(\hat{p}),..,\sigma_N(\hat{p})]$ folgt, der Umkehrschluß allerdings falsch ist, gilt: Jedes Lindahl-Gleichgewicht ist ein Bowen-Gleichgewicht, aber nicht jedes Bowen-Gleichgewicht ist ein Lindahl-Gleichgewicht. Da für Bowen-Ökonomien E_B, die den Voraussetzungen des Satzes 2.1 genügen, Bowen-Gleichgewichte existieren, ein Bowen-Gleichgewicht i.a. aber kein Lindahl-Gleichgewicht ist, existiert offenbar nicht für jede Bowen-Ökonomie E_B ein Lindahl-Gleichgewicht. Oder m.a.W: der exogen gegebene Parametervektor $[\beta_i]$ entspricht nicht den sogenannten personalisierten Preisen im Lindahl-Gleichgewicht. Andererseits ist aus Foley (197o), S.7o bekannt, daß für Ökonomien mit Privateigentum E , die den Annahmen A,B, C des Satzes 2.1 genügen, Lindahl-Gleichgewichte existieren. Aus diesen Gründen läßt sich - ausgehend von einer Ökonomie E_B und damit einem Parametervektor $[\beta_i]$ - eine Folge (E_B) von Bowen-Ökonomien konstruieren, die gegen eine Bowen-Ökonomie E_B^L konvergiert, deren Bowen-Gleichgewicht ein Lindahl-Gleichgewicht ist. Daher wird die eingangs vorgeschlagene Interpretation des Bowen-Gleichgewichts als Stufe eines "Prozesses" zu einem Lindahl-Gleichgewicht nahegelegt.

---

1) Da im vorliegenden Zusammenhang eine Regionalisierung nicht von Interesse ist, wird wegen schreibtechnischer Erleichterungen von einer Ein-Regionen-Ökonomie E_B ausgegangen. Damit gilt $N_1 = N$, und die individuellen Umweltbelastungsnachfragen (2.1) können geschrieben werden als $\sigma_i(p)$. Dies impliziert auch, daß die Bedingung (d) der Definition 2.3 geschrieben werden kann als $s \in$ median $[\sigma_1(p),...,\sigma_N(p)]$

Die obigen Ausführungen geben einen ersten Einblick in die - in Kapitel 4 ausführlicher diskutierte - Struktur des Freifahrerproblems in der Umweltökonomik.[1] Da bei einer Preis-Standard-Politik kein Akteur einen Einfluß auf den exogen vorgegebenen Umweltbelastungsstandard hat, kann hier nur dann ein Freifahrerproblem auftreten, wenn private Gütermärkte ein solches Problem verursachen. Endogenisiert man den Umweltbelastungsstandard durch die Integration eines Mehrheitswahlverfahrens, wird jedem Akteur ein gewisser Manipulationsspielraum zugebilligt. Dabei folgt aus Satz 4.1, daß unter den dort genannten Prämissen jeder Konsument dann die eigene Position "optimal" gestaltet, wenn er den Manipulationsspielraum nicht nutzt, sich also nicht als Freifahrer verhält. Bildet man jetzt eine Folge von Bowen-Ökonomien (E_B), die gegen die oben benannte Bowen-Ökonomie E_B^L konvergiert - indem etwa die Konsumenten nach ihrer tatsächlichen Zahlungsbereitschaft für Umweltqualität befragt werden -, tritt das bekannte Freifahrerproblem auf.

Die vorgenommenen Vergleiche zwischen den einzelnen Gleichgewichts-Konzepten machen deutlich, daß Bowen-Gleichgewichten im allgemeinen keine pareto-optimale Allokationen zugeordnet sind. Für Bowen-Ökonomien $\bar{E}_B$, in denen neben den Annahmen A,B,C die Differenzierbarkeit sämtlicher Nutzenfunktionen gegeben ist und genau ein privates Konsumgut und ein Umweltbelastungsindikator existieren, kann ein auf H.R. Bowen (1943) zurückgehendes Resultat zitiert werden.

<u>Satz 2.2 (Bowen/Bergstrom):</u>

Sei $\bar{E}_B$ eine wie eben spezifizierte Bowen-Ökonomie, in der $\beta_i = 1/N$ für $i=1,\ldots,N$ gilt, $[(\hat{x}^i,\hat{s}),(\hat{y}^j),(\hat{e},\hat{z})]$ die Allokation in einem Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie $\bar{E}_B$ und mit $MRS_i \equiv [\partial u_i/\partial s]/[\partial u_i/\partial x^i]$ die Grenzrate der Substitution zwischen dem privaten Konsumgut und den Umweltbelastungen von Konsument i bezeichnet. Wenn dann

---

1) Der Begriff des Freifahrers wird in Kapitel 4 präzisiert.

gilt

$$\underset{i=1,..,N}{\text{median}} \; MRS_i(\hat{x}^i,\hat{s}) = \frac{1}{N} \Sigma \; MRS_i(\hat{x}^i,\hat{s})$$

ist die Allokation in einem Bowen-Gleichgewicht pareto-optimal.

<u>Beweis:</u> Bergstrom (1979),S.218.

Mit der Forderung des Satzes 2.2 präzisiert Bergstrom (1979) die Behauptung H.R. Bowen's, daß bei symmetrischer Verteilung der Grenzraten der Substitution im Markt- und Abstimmungsgleichgewicht die Pareto-Optimalität der Gleichgewichtsallokation gegeben ist. Der Ausdruck $\Sigma \; MRS_i$ ist die bekannte Summationsbedingung von Samuelson (1954). Da ein Konsumgut und ein Umweltbelastungsindikator vorliegt, treffen unter den Voraussetzungen von Satz 2.2 auf jeden Konsumenten im Bowen-Gleichgewicht die in Schaubild 2.5, S.37 veranschaulichten Zusammenhänge zu. Aus dem II. Quadranten des Schaubildes 2.5 ist erkennbar, daß entlang der dort gezeichneten Budgetgeraden die Grenzrate der Substitution jedes Konsumenten eine in s monoton fallende Funktion ist. Dieser Tatbestand ist in dem nachstehenden Schaubild 2.6 für N=3 Konsumenten

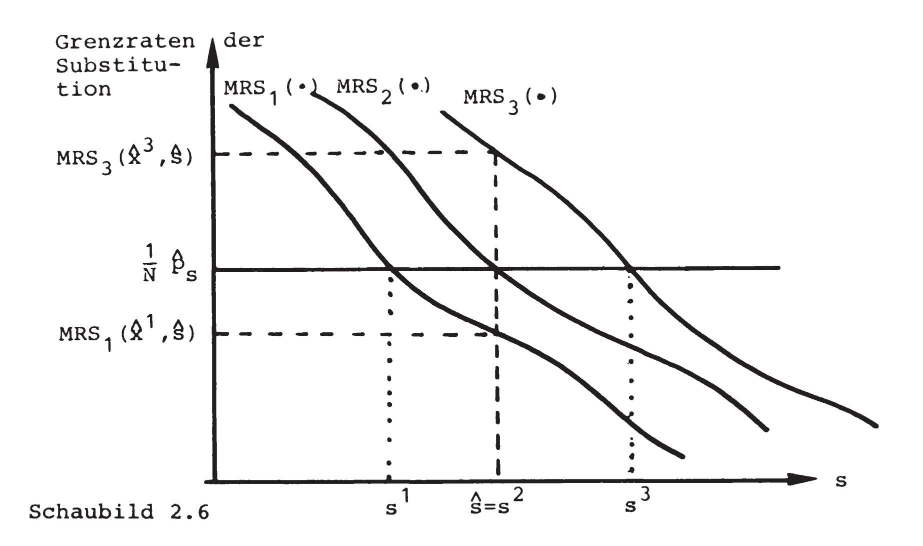


Schaubild 2.6

dargestellt. Da die Ansprüche auf Umweltbelastungszahlungen unter den Voraussetzungen von Satz 2.2 für alle Konsumenten gleich sind ($\beta_i = 1/N$), ist in Schaubild 2.6 beim gleichgewichtigen individuellen Umweltbelastungspreis $(1/N)\,\hat{p}_s$ der Konsument 2 mit der Umweltbelastungsnachfrage $s^2 = \hat{s}$ Medianwähler.[1] Ebenfalls wird aus dem Schaubild deutlich, daß wegen der Monotonie der Funktionen MRS_i im Bowen-Gleichgewicht die Grenzrate der Substitution des Medianwählers dem Median der Grenzraten der Substitution entspricht. Da in Satz 2.2 der Median mit dem arithmetischen Mittel der Grenzraten der Substitution gleichgesetzt ist und der Median der Grenzraten der Substitution der Grenzrate der Substitution des Medianwählers entspricht, wird gefordert, daß die Grenzrate der Substitution des Medianwählers die eines repräsentativen Konsumenten ist. Oder m.a.W. die Grenzraten der Substitution aller Konsumenten symmetrisch um diejenige des Medianwählers liegen.

An Schaubild 2.6 lassen sich die o.a. Unterschiede zwischen dem Bowen- und dem Lindahl-Gleichgewicht plastisch illustrieren. Während beim Lindahl-Ansatz durch entsprechende Differenzierung der individuellen Umweltbelastungspreise - $MRS_1(\hat{x}^1,\hat{s})$, $MRS_2(\hat{x}^2,\hat{s}) = (1/N)\,\hat{p}_s$ und $MRS_3(\hat{x}^3,\hat{s})$ sind die Lindahl-Preise für Umweltbelastungen der drei Konsumenten in einem Lindahl-Gleichgewicht $[(\hat{x}^i,\hat{s}),(\hat{y}^j),(\hat{e},\hat{z})]$ - eine "marktliche" und einstimmige Einigung auf einem Umweltbelastungsstandard erfolgt, wird im Bowen-Ansatz durch Mehrheitsbeschluß der Umweltbelastungsstandard festgelegt. Liegt dann im Bowen-Gleichgewicht kein einstimmig akzeptierter Standard vor, ist nur unter speziellen Bedingungen die Pareto-Optimalität der Gleichgewichtsallokation gegeben.

---

1) Es sei darauf hingewiesen, daß in Schaubild 2.6 von einem auf 1 normierten Preis des privaten Konsumgutes ausgegangen wird.

3. DAS EIN-SEKTOR-BOWEN-MODELL

3.1 Problemstellung

In der umweltökonomischen Literatur wurden bisher intensiv die Eigenschaften der auf Baumol und Oates (1971) zurückgehenden "Preis-Standard-Systeme" diskutiert. [1] Anhand eines geeignet modifizierten neoklassischen Modells lassen sich die Auswirkungen der exogenen Variation von Umweltbelastungsstandards und Emissionsstandards auf die Sektorstruktur und das Preisgefüge der Ökonomie deduzieren. [2] Aufgrund der Exogenität des Umweltbelastungs- und Emissionsstandards konzentrierte sich der Schwerpunkt dieser Arbeiten auf die Untersuchung der Angebotsseite der Ökonomie. In den Kapiteln 3,5 und 6 soll - aufbauend auf dem zuvor beschriebenen Modell zur Umweltqualitätsbestimmung durch Mehrheitswahl - durch Integration der Nachfrageseite eine mögliche Weiterführung der o.a. Analysen vorgestellt werden.

Im vorliegenden Kapitel 3 werden die Markt- und Abstimmungsgleichgewichte eines Ein-Sektor-Modells mit Umweltbelastungen näher beschrieben. Anhand dieses umweltökonomischen Minimal-Modells wird die Problematik der Identifikation des Medianwählers aufgezeigt (Abschnitt 3.4), die Darstellung umweltökonomischer Allokationen anhand der "individuellen" Transformationskurve erörtert (Abschnitt 3.5), sowie Implikationen der Änderung der Faktorausstattung und der Einkommensverteilung untersucht (Abschnitt 3.6). Das Konzept der individuellen

1) So etwa in H.Siebert (1976),(1978 a),(1978 b), Siebert, Eichberger, Gronych, Pethig (198o) oder Pethig (1979 a).
2) Vgl. die unter 1) genannten Beiträge.

Transformationskurve gestattet dabei einerseits eine überschaubare Darstellung der - in einer Ein-Sektor-Bowen-Ökonomie - für einen Konsumenten erreichbaren Konsumkombinationen. Zum anderen läßt sich durch Anwendung dieses Konzepts zeigen, daß der Medianwähler keineswegs stets "individuell -beste" Konsumkombinationen selektiert. Darüber hinaus erweist sich das Konzept der individuellen Transformationskurve bei der Untersuchung des Freifahrerproblems in Kapitel 4 als nützlich.

An die Analyse der individuellen Transformationskurve schließt in Abschnitt 3.6 die (vollständige) komparativ-statische Untersuchung des Ein-Sektor-Modells an. Wie bereits betont, sind komparativ-statische Fragestellungen in den bisher bekannten Umweltmodellen hauptsächlich auf die Analyse der Auswirkung exogen gegebener Standardänderungen beschränkt. Da im Markt- und Abstimmungsmodell die Standardermittlung über einen Urnengang endogenisiert ist, wird es in diesem Modellzusammenhang möglich, die Implikationen unterschiedlicher Einkommens- und Vermögensverteilungen auf die Umweltallokation und das Preisgefüge zu analysieren. Aus Abschnitt 3.6 folgt, daß die Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten wesentlich durch die Faktorausstattung des Medianwählers bestimmt wird. Ist der Medianwähler relativ reichlich mit einem als Produktionsfaktor verwendeten rein privaten Gut ausgestattet, ergibt sich eine relativ geringe Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten. Entsprechend ist der Preis der Umwelt als Produktionsfaktor - die Emissionssteuer - hier relativ hoch. Besitzt der Medianwähler relativ viel "Umweltpotential" - seine Entschädigungsansprüche aus "Umwelteigentum" sind dann relativ hoch -, ist eine erhöhte Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten, verbunden mit niedrigeren gleichgewichtigen Emissionssteuern zu erwarten. Neben diesen Implikationen der Einkommensverteilung bei gegebenem gesamtwirtschaftlichen Faktorbestand werden in Abschnitt 3.6 die Auswirkungen verteilungsneutraler Änderungen des gesamtwirtschaftlichen Faktorbestands untersucht.

Im Ein-Sektor-Modell besitzt der Medianwähler eine dominierende Stellung. [1] Er entscheidet als Wahlsieger über das Ausmaß der Nutzung der Umwelt zu Konsumaktivitäten, damit aber auch über die Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten, womit wiederum, bei gegebener Faktorausstattung, das Produktionsergebnis der Ökonomie festgelegt ist. Verteilungspolitische Eingriffe in die Ein-Sektor-Ökonomie führen daher nur dann zu Änderungen des Preissystems und der gleichgewichtigen Produktionspläne, wenn der Medianwähler von diesen Eingriffen tangiert wird. Allerdings kann im Ein-Sektor-Modell dann eine indirekte Beeinflussung der Position des Medianwählers beobachtet werden, wenn bei Konstanz der Faktorausstattung des Medianwählers die Faktorausstattung der gesamten Ökonomie Änderungen aufweist. In einem derartigen Falle ergeben sich geänderte Knappheitsverhältnisse auf dem Faktormarkt, die über Preisänderungen den Medianwähler mit einem "neuen" Preissystem konfrontieren. Die Entscheidung des Medianwählers - oder präziser das Gewicht der "Abstimmungskomponente" in einer Markt- und Abstimmungsökonomie - wird dann geschwächt, wenn neben den eben genannten Faktorpreiseffekten auch Preiseffekte im Bereich der rein privaten Güter auftreten. Das Produktionsergebnis wird dann - im Gegensatz zum Ein-Sektor-Modell - nicht autonom vom Medianwähler ermittelt, sondern Marktprozesse führen zu einer bestimmten Sektorstruktur. Im Kapitel 5 erfolgt daher eine Relativierung der Resultate des Ein-Sektor-Modells durch die komparativ-statische Analyse eines Zwei-Sektor-Bowen-Modells mit Umweltbelastungen.

Eine weitere Einschränkung der Entscheidungsbefugnis des Medianwählers - und damit Abschwächung der "Abstimmungskomponente" -

---

1) Es sei darauf hingewiesen, daß es in aller Regel nicht "den" Medianwähler, sondern "einen" Medianwähler gibt. M.a.W. es gibt keine à priori eindeutig feststehende Person, die bei beliebigen Zuständen immer Medianwähler bleibt. Dennoch wird hier vom Medianwähler gesprochen, und zwar im Sinne des Wahlsiegers bei einer Abstimmung.

liegt vor, wenn der Medianwähler zwar das Ausmaß der Nutzung der Umwelt zu Konsumaktivitäten festlegt, die Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten allerdings nicht ausschließlich vom Medianwähler festgelegt wird. Dies ist etwa bei außermarktlicher interregionaler Verflechtung der Ökonomie der Fall. Liegen interregionale Schadstoffdiffusionen vor, entscheiden quasi regionenfremde Akteure über die Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten mit. Der Medianwähler legt dann zwar weiterhin die Umweltbelastungsniveaus seiner Region fest, die zu diesen Umweltbelastungsstandards korrespondierenden Emissionsstandards werden aber durch die interregionalen Schadstoffdiffusionen festgelegt. Um ein Bild vom Markt-und Abstimmungsmechanismus und der Rolle des Medianwählers in diesem Allokationsverfahren zu erhalten, scheint es daher angebracht, die Ein-Sektor und Zwei-Sektor-Analyse durch eine entsprechende Zwei-Regionen-Analyse zu erweitern (Kapitel 6). Die genannten Modellvarianten nebst ihren Implikationen für die Rolle des Medianwählers können an dem nachstehenden Schaubild 3.1 verdeutlicht werden.

3.2 Die Modellierung der Angebotsseite

Wir gehen in diesem Kapitel von einer hochaggregierten Ökonomie aus, deren Produktionstechnologie so beschaffen ist, daß durch Einsatz der Menge y_a eines Faktors a ein Konsumgut produziert werden kann. Beim Produktionsprozeß fällt neben dem Konsumgut ein Kuppelprodukt e in der Menge y_e an, welches an ein Umweltmedium abgegeben wird. Damit liegt ein Spezialfall der in Abschnitt 2.3 allgemein formulierten Produktionsprozesse vor.[1] Unterstellt man -analog zu Abschnitt 2.3 -,daß bei konstantem

---

1) Im Gegensatz zu Abschnitt 2.3 werden jetzt die Faktoreinsatzmengen als positive reelle Zahlen notiert. Damit wird der traditionellen - in neoklassischen Modellen vorherrschenden - Schreibweise gefolgt.

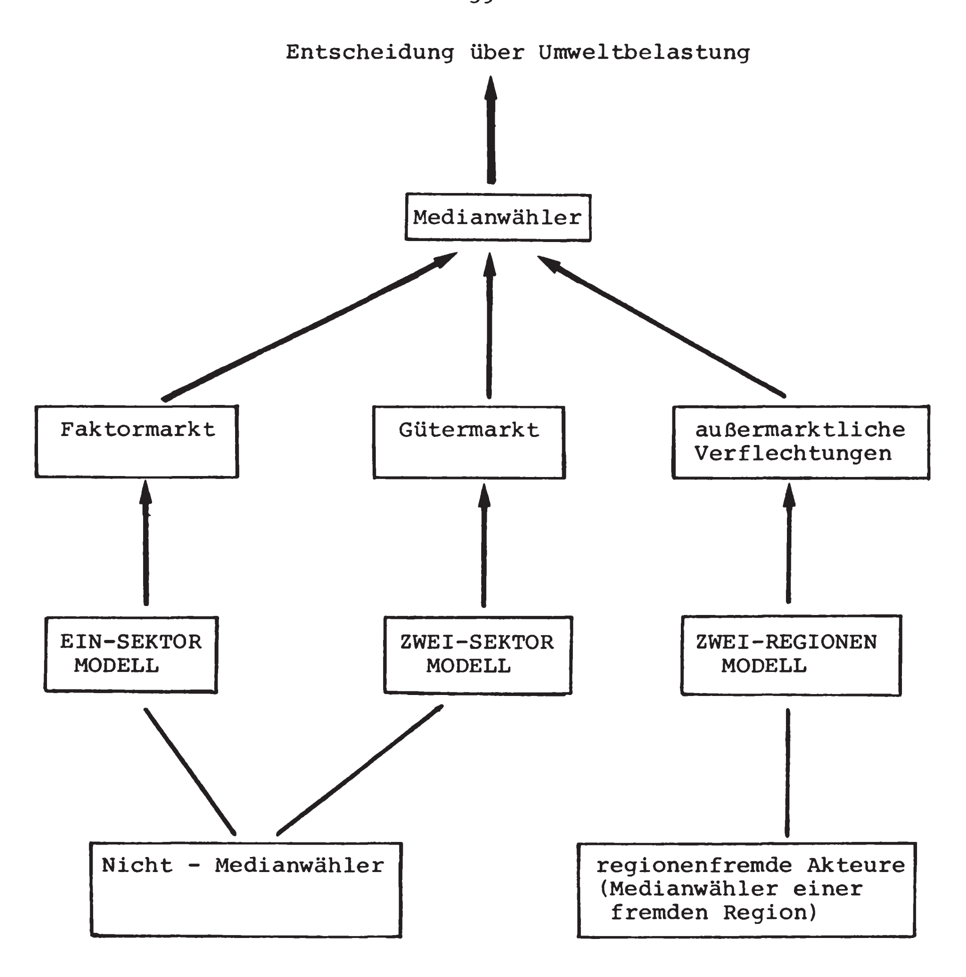


Schaubild 3.1

Konsumgüteroutput der Anfall des Kuppelprodukts durch die Variation der Einsatzmengen des Faktors a gesteuert werden kann, läßt sich das Kuppelprodukt produktionstheoretisch wie ein Faktor behandeln und nach dem Sprachgebrauch Pethig's [(1975), (1979 a)] eine Nettoproduktionsfunktion $G : D_G \rightarrow R_+$ definieren durch

(3.1) $y = G(y_a, y_e)$ mit dem Definitionsbereich D_G als

$$D_G \equiv \{(y_a, y_e) \in R_+^2 \mid y_a \geqq \psi(y_e)\}$$

Durch die Einschränkung des Definitionsbereichs der Funktion G auf die Menge D_G wird verlangt, daß gemäß einer Funktion ψ die bei jeweils gegebenem Faktoreinsatz y_a maximal anfallende Menge an Kuppelprodukten y_e eine obere Schranke aufweist. Ein Beispiel einer solchen Nettoproduktionsfunktion ist die in (3.2) definierte "modifizierte" Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

(3.2) $y = A\, y_a^c\, y_e^{1-c} - B\, y_e$ mit

$$D_G \equiv \{(y_a, y_e) \in R_+^2 \mid y_a \geqq [\,B/A\,]^{1/c}\, y_e\} \quad \text{und}$$

$$A > 0\,, \quad B \geqq 0\,, \quad 0 < c < 1$$

Im Falle B = 0 entspricht der Parameter c der Produktionselastizität des Faktors a und (1-c) der Produktionselastizität des Faktors e. Die Parameter A, B, c legen gemäß der Beziehung $[\,B/A\,]^{1/c} = \tan \varphi$ die Steigung der hier linearen Beschränkungsfunktion ψ fest. Das Isoquantenkurvensystem der modifizierten Cobb-Douglas-Funktion läßt sich an Schaubild 3.2 verdeutlichen. Aus diesem Schaubild wird deutlich, daß die Isoquanten im Falle der modifizierten Cobb-Douglas-Produktionsfunktion bei Inputkombinationen, welche der Ungleichung $y_a \gtrless [\,B/A\,]^{1/c}(1-c)^{-1/c}\, y_e$ genügen, eine negative (positive) Steigung aufweisen. Damit liegt für jeweils gegebenen Output $y = \bar{y}$ bis zu einer "kritischen" Grenze zwischen Faktor a und e eine Substitutionsbe-

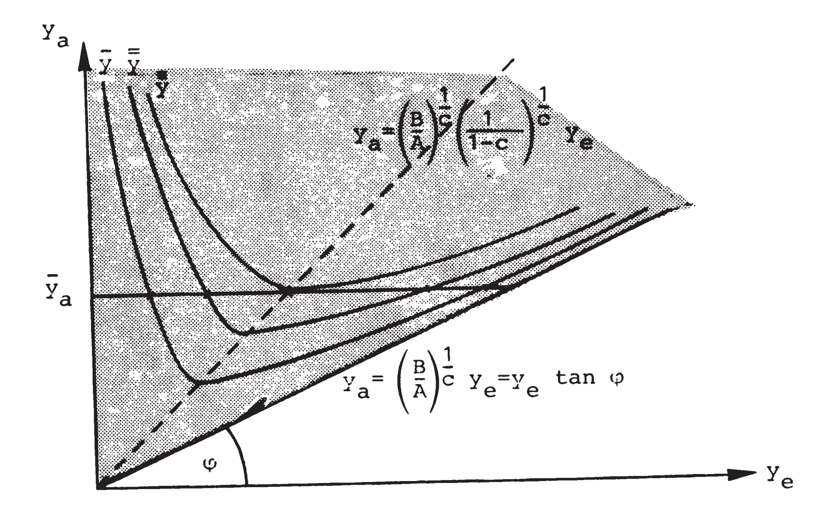


Schaubild 3.2

ziehung vor, die sich ab dieser Grenze in eine Komplementaritätsbeziehung umkehrt. Weiterhin ist erkennbar, daß für konstantes $\bar{y}_a$ zunächst positive Grenzerträge durch emissionsintensivere Produktion realisiert werden können, die allerdings ab einer "kritischen" Emissionsmenge negativ werden. Die modifizierte Cobb-Douglas-Produktionsfunktion unterstellt, daß die Faktoren a und e in einem erweiterten Sinne essentiell für die Herstellung des Konsumgutes sind. Während essentielle Faktoren dadurch definiert sind, daß positive Outputmengen nur bei positiven Einsatzmengen dieser essentiellen Faktoren realisierbar sind, wird von im erweiterten Sinne essentiellen Faktoren zusätzlich gefordert, daß der Einsatz des Faktors e bei positivem Konsumgüteroutput unterhalb der durch die Funktion ψ festgelegten Höchstgrenzen bleibt. Des weiteren unterscheidet sich die modifizierte Cobb-Douglas-Funktion dadurch von der "traditionellen"Cobb-Douglas-Funktion, daß die Substitutionselastizität variabel ist.

Die Ein-Sektor-Ökonomie ist mit einer gegebenen Menge ω_a des Faktors a ausgestattet. Diese Ausstattung wird ausschließlich zu Produktionszwecken nachgefragt. Bei Vollbeschäftigung des Faktors a gilt daher

(3.3) $\omega_a = y_a$

Das ökologische System der Ökonomie wird durch eine Umweltbelastungsfunktion Z beschrieben. Die in Abschnitt 2.3 getroffenen Vereinbarungen bezüglich der Umweltbelastungsfunktion werden verschärft, indem zusätzlich die Differenzierbarkeit der Funktion Z gefordert wird. Daher gilt für den Ein-Regionen-Ein-Sektor-Fall

(3.4) $z = Z(e)$ mit $Z(0) = 0$, $Z'(e) > 0$, $Z''(e) \geqq 0$

Da der Produktionssektor der einzige "Lieferant" des Kuppelprodukts Emissionen ist, deren Umweltbelastungen durch die Funktion Z quantifiziert werden, erfüllt demnach ein erreichbarer Zustand der Ein-Sektor-Ökonomie die nachstehende Gleichung

(3.5) $e = y_e$

Aus den Beziehungen (3.1) bis (3.5) erhält man eine Beschreibung der "produktionstechnisch" erreichbaren Zustände der Ökonomie - oder m.a.W die Transformationskurve der Ökonomie - als

(3.6) $y = G(\omega_a, Z^{-1}(z))$ mit $e = Z^{-1}(z)$

und Z^{-1} als Umkehrfunktion der Umweltbelastungsfunktion Z. Geht man von einer differenzierbaren Produktionsfunktion G aus und unterstellt abnehmende Grenzprodukte des Faktors e, womit $G_{22}(\cdot) < 0$ gilt, kann anhand der nachstehenden Argumente die Nichtkonkavität der Transformationskurve gezeigt

werden. [1)]Bezeichnet G_i mit i=1,2 die partielle Ableitung der Funktion G nach dem i-ten Argument, erhält man für die Differentiation von (3.6)

$$\left.\frac{dy}{dz}\right|_{d\omega_a=0} = G_1(\cdot)\,\frac{d\omega_a}{dz} + G_2(\cdot)\,\frac{de}{dz} = G_2(\omega_a, Z^{-1}(z))\, Z^{-1'}(z) \gtrless 0$$

$$\left.\frac{d^2y}{dz^2}\right|_{d\omega_a=0} = [\, Z^{-1'}(z)]^2\, G_{22}(\cdot) + G_2(\cdot)\, Z^{-1''}(z) \lesseqgtr 0$$

Aus den Ableitungen der Transformationskurve ist erkennbar, daß bei konkaver Produktionsfunktion G die Linearität der Umweltbelastungsfunktion eine hinreichende Bedingung für die Konkavität der Transformationskurve ist. Allerdings existieren i.a. Bereiche der Transformationskurve, in denen steigende Umweltbelastung mit sinkender gesamtwirtschaftlicher Güterproduktion einhergeht. Dies ist unmittelbar auf die in Schaubild 3.2 veranschaulichten Zusammenhänge zurückzuführen. Nichtkonkave Bereiche der Transformationskurve können daher nur dann auftreten, wenn streng konvexe Umweltbelastungsfunktionen und negative Grenzprodukte des Faktors e zusammentreffen. Da zusätzlicher Input eines Faktors, der einen positiven Faktorpreis und ein negatives Grenzprodukt besitzt, die Selektion eines nicht gewinnmaximalen Produktionsplans bedeutet, kann erwartet werden, daß Gleichgewichte von Bowen-Ökonomien im konkaven Bereich der Transformationskurve liegen. Der im nachstehenden Schaubild 3.3 gezeichnete nicht-konkave Transformationskurventeil scheint daher für die Analyse von Bowen-Gleichgewichten belanglos zu sein.[2)]

---

1) Man kann zeigen, daß für Z^{-1} streng monoton steigend und konkav sowie einer im Argument y_e konkaven Produktionsfunktion die Quasi-Konkavität der Transformationskurve folgt. Da dieses Resultat bei allen nachfolgenden Überlegungen keine Anwendung findet, wird auf den Beweis dieser Behauptung verzichtet.

2) Ein dem Schaubild 3.3 ähnliches Diagramm findet sich bei Pethig (1979 a),S.59.

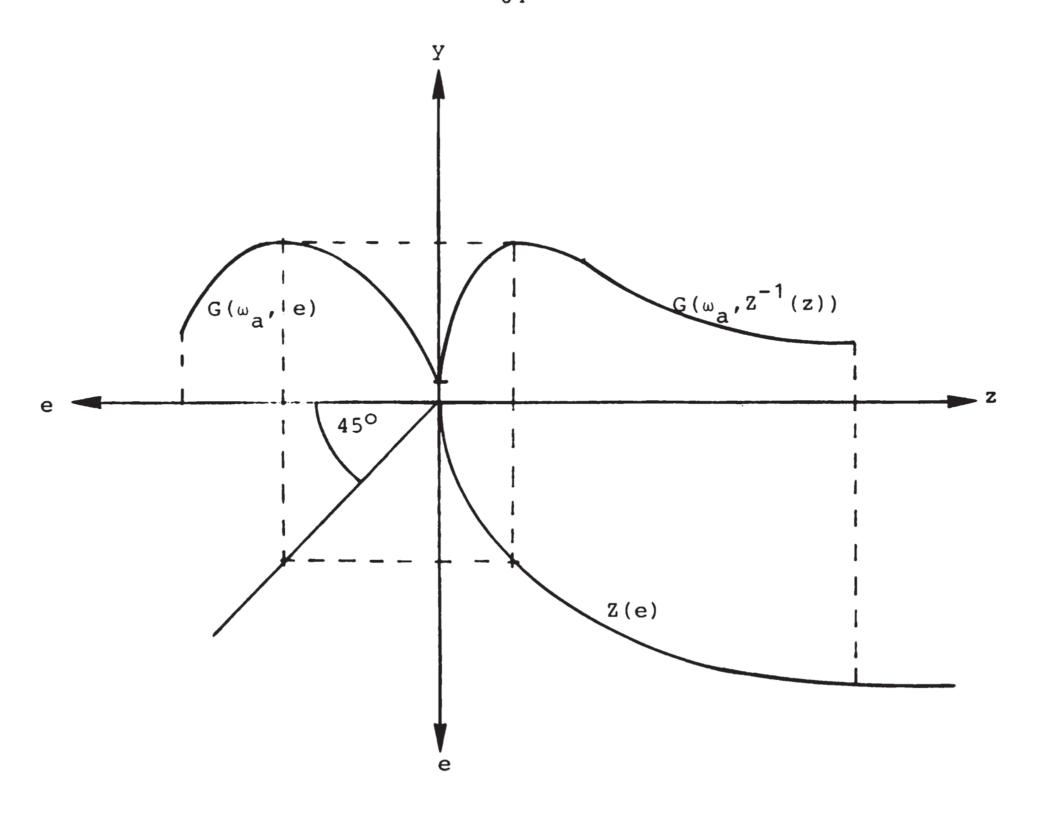


Schaubild 3.3

Ein numerisches Beispiel einer nicht-konkaven Transformationskurve ist nachstehend spezifiziert. Ist die Ertragskurve einer konkaven Produktionsfunktion G bei gegebenem Faktorinput $y_a = \omega_a = 1$ gegeben als

$$y = G(\omega_a, y_e) = -(y_e - 1)^2 + 1 \qquad \text{mit} \quad y_e \in [0,2]$$

und die konvexe Umweltbelastungsfunktion Z als

$$z = Z(e) = e^4$$

vorgegeben, ergibt sich die Transformationskurve

$$y = G(\omega_a, Z^{-1}(e)) = -(z^{1/4} - 1)^2 + 1$$

Da für die zweite Ableitung der vorliegenden Transformationskurve gilt

$$\frac{d^2y}{d\,z^2} = + \frac{1}{4} [z^{-3/2} - \frac{3}{2} z^{-7/4}]$$

folgt wegen $\left.\frac{d^2y}{d\,z^2}\right|_{z=1/2} < 0$ und $\left.\frac{d^2y}{d\,z^2}\right|_{z=10} > 0$ unmittelbar die Nichtkonkavität der vorliegenden Transformationskurve.

3.3 Dezentralisierung durch Preise und Wahl

Durch die Beziehungen (3.1) und (3.3) bis (3.6) sind der Produktionssektor und die produktionstechnisch erreichbaren Zustände der vorliegenden Ökonomie beschrieben. Die Selektion einzelner Zustände und damit die Güterallokation in der Ökonomie erfolgt nach den in Kapitel 2 näher präzisierten Markt- und Abstimmungsregeln. Zur Beschreibung von Markt- und Abstimmungs-Gleichgewichten ist es daher im vorliegenden Zusammenhang notwendig, eine Charakterisierung der Konsumenten und Produzenten zu liefern.

Auf der Angebotsseite der Ökonomie wird unterstellt, es gibt einen Produzenten, der über die Produktionstechnik G verfügt und unter Mengenanpassung gewinnmaximale Produktionspläne realisiert.[1] Dabei wird von G gefordert

---

1) Selbstverständlich kann im vorliegenden Zusammenhang ohne wesentliche inhaltliche Änderung dieser Produzent durch j=1,...,K Produzenten ersetzt werden.

Annahme G1 (Produktionsfunktion):

Die Funktion $G : D_G \to R_+$ ist stetig, differenzierbar und quasi-konkav mit $G(y_a, y_e) = 0$ für $y_a = 0$. Die Beschränkungsfunktion ψ des Definitionsbereiches ist stetig, streng monoton steigend und konvex mit $\psi(y_e) = 0$ für $y_e = 0$. Weiter gelte $G_1(\cdot) > 0$ und für einige $(y_a, y_e) \in D_G$ sei $G_2(y_a, y_e) > 0$.

Ein Produktionsplan $(y, y_a, y_e) > 0$ mit $y_a > \psi(y_e)$ wird "innerer" Produktionsplan genannt. Wird gefordert, daß die Faktoren a und e in einem - auf S. 61 beschriebenen - erweiterten Sinn essentiell sind, was etwa auf die modifizierte Cobb-Douglas-Funktion zutrifft, ist jeder Produktionsplan mit positivem Output y ein innerer Produktionsplan. Bezeichnet (p, p_a, p_e, p_s) jeweils den Preis des Konsumgutes, des Faktors a, des Faktors e und die Umweltbewertungskennziffer und ist (y, y_a, y_e) ein innerer, gewinnmaximaler Produktionsplan, sind wegen Annahme G1 nach dem Kuhn-Tucker-Satz die Bedingungen erfüllt.[1)]

(3.7) $$p_a = p\, G_1(y_a, y_e)$$

(3.8) $$p_e = p\, G_2(y_a, y_e)$$

Analog wird nach dem in Kapitel 2 Gesagten von einer Umweltbehörde ausgegangen, die wie ein privater Unternehmer Gewinnmaximierung bei Mengenanpassung betreibt. Wegen der in (3.4) präzisierten Umweltbelastungsfunktion erfüllt ein gewinnmaximaler Produktionsplan $(e, z) > 0$ des Umweltproduzenten die Gleichung

1) Im Gegensatz zu Kapitel 2 bezeichnet jetzt p nicht mehr das gesamte Preissystem, sondern den Preis eines Gutes. Diese "Doppelbelegung" des Symbols kann vermieden werden, wenn in diesem Kapitel statt p stets p_1 benutzt wird. Aus "schreibtechnischen" Gründen wird dieser Möglichkeit nicht gefolgt.

(3.9) $$p_e = p_s \, Z'(e)$$

Ein Konsument wird neben seiner Nutzenfunktion $u_i: R_+^2 \rightarrow R$ durch den Parametervektor

$$(\beta_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1}, \gamma_i)$$

charakterisiert. Die Parameter β_i, Θ_i, Θ_i^{K+1} geben dabei - wie schon in Kapitel 2 näher erläutert - den Anteil des Konsumenten i an der Umweltbelastungszahlung aller Konsumenten, den Anteil des i am Gewinn aus der Produktion des Konsumgutes, sowie den Gewinnanteil aus Umweltproduktion an. Der Parameter γ_i beschreibt den Anteil des Konsumenten i an der Gesamtausstattung der Ökonomie mit Faktor a, womit gilt

$$0 \leqq \gamma_i \equiv \omega_a^i / \omega_a \leqq 1 \qquad \text{für } i = 1,..,N$$

und wegen $\Sigma\omega_a^i = \omega_a$ folgt $\Sigma\gamma_i = 1$. Hinsichtlich der N-Nutzenfunktionen u_i wird unterstellt

<u>Annahme U1 (Nutzenfunktionen)</u>:

Die i = 1,...,N Nutzenfunktionen u_i sind stetig, differenzierbar und streng quasi-konkav. Das private Konsumgut ist ein "immer erwünschtes" Gut und die Umweltbelastungen sind "immer unerwünschte" Güter, womit $[\partial u_i/\partial x^i] > 0$ und $[\partial u_i/\partial s^i] \leqq 0$ gilt.

Das Abstimmungsverhalten eines Konsumenten bei einem Wahlgang ist - wie in Abschnitt 2.4 ausführlich dargelegt - das Resultat eines Optimierungsproblems. Danach ergibt sich die beim Preissystem (p, p_a, p_e, p_s) vom i-ten Konsumenten bei der Wahl vorgeschlagene Umweltbelastung s^i aus der Bestimmung des Sattelpunktes der Lagrange-Funktion

$$L_i(x^i,s^i,\lambda_i) \equiv u_i(x^i,s^i) - \lambda_i[px^i - \beta_i p_s s^i - pI_i]$$

mit $pI_i \equiv \gamma_i p_a \omega_a + \Theta_i p\pi + \Theta_i^{K+1} p\pi_{K+1}$ und $p\pi$ bzw. $p\pi_{K+1}$ als den Gewinn aus Konsumgüterproduktion bzw. Umweltproduktion, definiert als $p\pi \equiv py - p_e e - p_a y_a$ und $p\pi_{K+1} \equiv p_e e - p_s z$. Ist dann $s^i = \sigma_i(p,\ \beta_i p_s,\ pI_i)$ die aus der o.a. Lagrange-Funktion L_i abgeleitete Nachfragefunktion des Konsumenten i nach Umweltbelastungen, erhält man die von den Konsumenten der Ökonomie geplante gesamtwirtschaftliche Umweltbelastungsnachfrage

(3.10) $$s_m = \text{median } [\sigma_1(\cdot),\ \sigma_2(\cdot),\ldots,\ \sigma_N(\cdot)]$$

Aus der Lagrange-Funktion L_i und aus (3.10) wird deutlich, daß im vorliegenden Ein-Sektor-Modell bei gegebenem Preissystem und gegebener gesamtwirtschaftlicher Umweltbelastung s_m das Problem der Bestimmung der privaten Güternachfrage degeneriert. Der Medianwähler legt durch seine Wahlentscheidung für jeden Konsumenten i die Höhe des - für Käufe der privaten Güter verbleibenden - Einkommens $pI_i + \beta_i p_s s_m$ fest. Damit entsprechen bei nicht-negativem Grenznutzen des privaten Konsumgutes die individuellen Ausgaben für dieses Gut dem durch den Medianwähler festgelegten Einkommensbetrag $pI_i + \beta_i p_s s_m$. Diese einflußreiche Stellung des Medianwählers wird dann abgeschwächt, wenn im privaten Güterbereich mehr als ein rein privates Konsumgut existiert. In diesem Falle wird das eben beschriebene Konsumentenproblem der Bestimmung der privaten Güternachfrage nicht trivial, und durch ihre individuelle Nachfrage bestimmt die Gesamtheit der Konsumenten die Sektorstruktur im Bereich privater Güter.

Nach diesen Ausführungen ist die Ein-Sektor-Bowen-Ökonomie

$$E_B^I = \{[u_i,\ (\beta_i,\ \Theta_i,\ \Theta_i^{K+1},\ \gamma_i)],\ G,\ Z,\ \omega_a\}$$

vollständig spezifiziert. Wir bezeichnen $B(E_B^I) = [\overset{*}{a},\ (\overset{*}{p},\ \overset{*}{p}_a,\ \overset{*}{p}_e,\ \overset{*}{p}_s)]$ mit $\overset{*}{a} \equiv [(\overset{*}{x}{}^i,\overset{*}{s}{}^i),\ (\overset{*}{y},\ \overset{*}{y}_a,\overset{*}{y}_e),\ (\overset{*}{e},\ \overset{*}{z})]$ als ein - durch die

Definition 2.3 präzisiertes - Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B^I . Für den Fall, daß $B(E_B^I) > 0$ und der gleichgewichtige Produktionsplan des Konsumgüterproduzenten ein innerer Produktionsplan ist, sprechen wir von einem inneren Bowen-Gleichgewicht. Wenn $B(E_B^I)$ ein inneres Bowen-Gleichgewicht ist, erfüllt $B(E_B^I)$ die Gleichungen (3.1), (3.3), (3.4), (3.5), (3.7), (3.8), (3.9), (3.1o), (3.11), (3.12), (3.13). Dabei gilt

(3.11) $$\Sigma x^i = y$$

(3.12) $$s_m = z$$

(3.13) $$p \, \Sigma x^i = p_a \omega_a + p\pi + p\pi_{K+1} + p_s s_m$$

Die aggregierte Budgetrestriktion aller Konsumenten (3.13) ist eine Kombination der Gleichungen (3.3), (3.5), (3.11), (3.12) oder m.a.W. ein Gleichgewicht auf dem Markt für Umweltbelastungen, für Faktor a und Faktor e impliziert ein Gleichgewicht auf dem Markt für das private Konsumgut. Des weiteren folgt aus (3.7), (3.8), (3.9) sowie der Formulierung der Lagrange Funktion L_i auf S.68 , daß sämtliche Angebots- und Nachfragefunktionen homogen vom Grade null in den Preisen sind. Definiert man die Preisverhältnisse

(3.14) $$p_A \equiv p_a/p \quad , \quad p_E \equiv p_e/p \quad , \quad p_Z \equiv p_s/p$$

kann die Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten i geschrieben werden als $s^i = \sigma_i(1, p_Z^i, I_i) = S_i(p_Z^i, I_i)$ mit $p_Z^i \equiv \beta_i p_Z$. Aus diesen Gründen genügt ein inneres Bowen-Gleichgewicht $B(E_B^I)$ dem Gleichungssystem

(3.4) $$z = Z(e)$$

(3.9) $$p_E = p_Z \, Z'(e)$$

(3.15) $p_A = G_1(\omega_a, e)$

(3.16) $p_E = G_2(\omega_a, e)$

(3.17) $y = G(\omega_a, e)$

(3.18) $z = \text{median } (s^1,\dots,s^N)$ mit $s^i = S_i(p_Z^i, I_i)$

3.4 Die Identifizierung des Medianwählers

Aus Beziehung (3.18) wird deutlich, daß der Medianwähler der Ökonomie E_B^I die Umweltbelastung und damit im vorstehenden Ein-Sektor-Modell die Allokation sowohl im privaten als auch im öffentlichen Bereich festlegt. Gesamtwirtschaftliche Gleichgewichte $B(E_B^I)$ können daher dann näher charakterisiert werden, wenn das Verhalten des Medianwählers studiert wird. Sind in den Ökonomien E_B^I und $\bar{E}_B^I$ die Konsumenten $i = 1,\dots,N$ vorhanden, bezeichnet $\tilde{B}(E_B^I) = \text{median } (s^1,\dots,s^N) = s_m$ die Umweltbelastungsnachfrage des m-ten Konsumenten im Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B^I , unterscheidet sich E_B^I von $\bar{E}_B^I$ dadurch, daß einige Akteure eine geänderte Charakteristik aufweisen und/oder Unterschiede in der Anfangsausstattung der Ökonomie mit Faktor a vorliegen und gilt $\tilde{B}(\bar{E}_B^I) = \text{median } (\bar{s}^1,\dots,\bar{s}^N) = \bar{s}_{\bar{m}}$, so interessieren im vorliegenden Zusammenhang Bedingungen, die $m = \bar{m}$ sichern. M.a.W. es wird nach Voraussetzungen gefragt, die garantieren, daß bei einer komparativen Statik der Ökonomie E_B^I der Medianwähler m erhalten bleibt.

In einem Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B^I kann offenbar dann ein Konsument als Medianwähler identifiziert werden, wenn die Anzahl der in der Ökonomie wahlberechtigten Konsumenten eine ungerade Zahl ist. Ist die Anzahl der Wahlberechtigten eine gerade Zahl, kann ein Bowen-Gleichgewicht dadurch ausgezeichnet sein,

daß die Umweltbelastungsnachfrage in diesem Gleichgewicht mit der Umweltbelastungsnachfrage keines Wählers übereinstimmt.[1)] In diesem denkbaren Falle gäbe es keinen Medianwähler und die gleichgewichtige Umweltbelastung wäre ein Element einer mehrelementigen Medianmenge. Die Behauptung, daß bei ungerader Zahl von Konsumenten die Umweltbelastung in einem Bowen-Gleichgewicht mit der Umweltbelastungsnachfrage mindestens eines Konsumenten übereinstimmt, kann wie folgt bewiesen werden: Sei N die ungerade Zahl der Konsumenten und die Umweltbelastungsnachfragen im Bowen-Gleichgewicht wie folgt geordnet $s^1 \leqq s^2 \leqq \ldots \leqq s^N$, dann gibt es aber eine ganze Zahl $m = (N+1)/2$ derart, daß für jedes $i = 1,2,\ldots,[(N+1)/2]-1$ auch $s^i \leqq s^m$ gilt. Analog gilt für jede ganze Zahl $i = [(N+1)/2]+1,\ldots,[(N+1)/2]+[(N-1)/2]$ auch $s^i \geqq s^m$,womit beliebiges $s \geqq 0$ mit $s \neq s^m$ nicht in der Medianmenge liegt und Konsument m als Medianwähler identifiziert ist.

Nach diesen Ausführungen ist es für Ökonomien E_B^I mit ungerader Zahl von Konsumenten möglich, einen Wähler als Medianwähler im Bowen-Gleichgewicht $B(E_B^I)$ zu identifizieren. Geht man von einem Bowen-Gleichgewicht $B(E_B^I)$ aus und untersucht die Implikationen infinitesimaler Parameteränderungen, ist dies auf traditionelle Weise durch entsprechende Differentiation des verkürzten Gleichungssystems (3.4),(3.9),(3.15),(3.16),(3.17),(3.18) möglich. Eine Anwendungsvoraussetzung dieses Verfahrens ist die Differenzierbarkeit der Funktion "median". An dem nachstehenden Schaubild 3.4 wird demonstriert, daß unter den bisher getroffenen Prämissen die Differenzierbarkeit der Funktion median nicht erwartet werden kann. Dabei wird in Schaubild 3.4 unterstellt, daß eine Ökonomie gegeben ist, in der N = 3 Konsumenten leben,

---

1) Wie an früherer Stelle bereits betont, wird davon ausgegangen, daß alle Wahlberechtigten ihre Berechtigung geltend machen und an den Abstimmungen zur Festlegung der Umweltqualität teilnehmen.

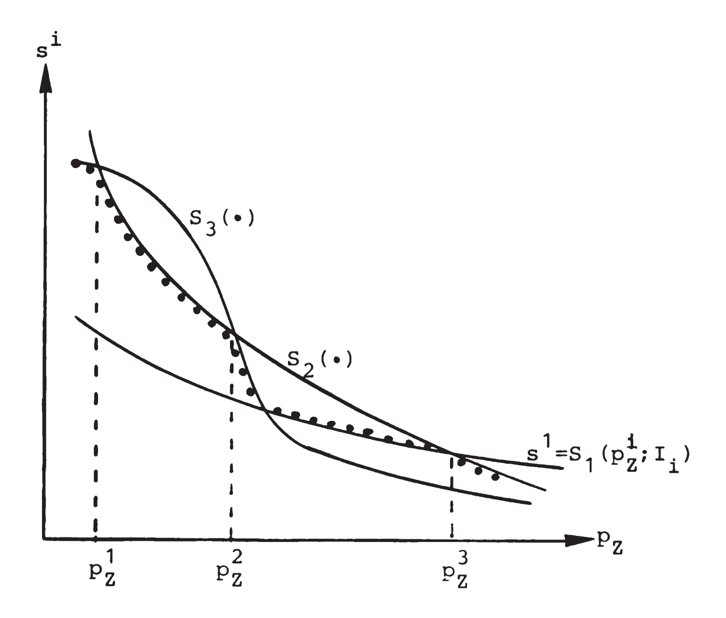


Schaubild 3.4

deren Umweltbelastungsnachfragen jeweils stetige, differenzierbare, monoton sinkende Funktionen vom Umweltbelastungspreis p_Z sind. Die gesamtwirtschaftliche Umweltbelastungsnachfrage s_m = median $[S_1(\cdot), S_2(\cdot), S_3(\cdot)]$ ist als gepunktet gezeichnete Kurve in Abbildung 3.4 kenntlich gemacht und offenkundig an den Stellen p_Z^1 , p_Z^2 , p_Z^3 nicht differenzierbar.

Eine hinreichende Bedingung für die Differenzierbarkeit der Funktion median ist bei differenzierbaren individuellen Umweltbelastungsnachfragefunktionen die Konstanz des Medianwählers über dem Definitionsbereich der Funktion median. Diese Konstanz ist bei N Wählern gegeben, wenn eine homogene Mehrheit existiert. Eine homogene Mehrheit liegt dann vor, wenn mehr als 50% aller Wähler identische Charakteristika aufweisen. Dabei gilt

Definition 3.1:

Zwei Konsumenten i und i' mit $i \neq i'$ besitzen dann die gleiche Charakteristik - oder sind vom selben Typ -, wenn sie neben identischen Nutzenfunktionen identische Parameter β_i, Θ_i, Θ_i^{K+1}, ω^i besitzen, d.h. wenn gilt $u_i = u_{i'}$, $\beta_i = \beta_{i'}$, $\Theta_i = \Theta_{i'}$, $\Theta_i^{K+1} = \Theta_{i'}^{K+1}$ und $\omega^i = \omega^{i'}$.

Das bisher Gesagte wird zusammengefaßt in

Annahme M1 (Majorität):

Ist die Zahl der Konsumenten N eine gerade Zahl, besitzen mindestens $[(N/2)+1]$ Konsumenten die gleiche Charakteristik. Ist N eine ungerade Zahl, weisen mindestens $[(N+1)/2]$ Konsumenten gleiche Charakteristiken auf.

Besitzt die in Annahme M1 beschriebene homogene Mehrheit differenzierbare Umweltbelastungsnachfragefunktionen, ist auch die Medianumweltbelastungsnachfragefunktion differenzierbar. Durch Annahme M1 wird gefordert, daß die Konsumenten der Ökonomie in zwei Klassen zerlegt werden können, wobei die Klasse mit der Mehrheit homogen ist. Wird die in Annahme M1 geforderte Mehrheit als ein dominierender "Einheitskonsument" interpretiert, können komparativ-statische Fragestellungen anhand des Gleichungssystems (3.4), (3.9), (3.15), (3.16), (3.17), (3.18) nach dem üblichen Muster beantwortet werden. Dabei sind Homogenitätsforderungen an die Minderheit nicht notwendig.

Soll auf die Zugrundelegung homogener Mehrheiten verzichtet werden, kann bei geeigneter Spezifizierung der Nutzenfunktionen der Konsumenten die Konstanz des Medianwählers über dem Definitionsbereich der Funktion median vorliegen. Im folgenden werden dazu der Fall der Cobb-Douglas-Nutzenfunktion und der separablen Nutzenfunktion untersucht.

Annahme M2 :

Die Zahl der Konsumenten in Ökonomie E_B^I ist eine ungerade Zahl. Für die i = 1,...,N Nutzenfunktionen gilt :

$$u_i(x^i,s^i) = x^i - a_i\ f(s^i) \qquad \text{mit } a_i > 0\ ,\ f' \geqq 0, f'' > 0$$
$$\text{und } f'(s^i) = 0 \text{ für } s^i = 0$$

Da in Annahme M2 eine ungerade Zahl N zugrunde gelegt wird, kann für beliebiges Preissystem $(p_A, p_E, p_Z) > 0$ ein Medianwähler gefunden werden. Ist $(x^i, s^i, \lambda_i) > 0$ ein Sattelpunkt der auf S. 68 definierten Lagrange-Funktion L_i wird die first-order-Bedingung $(\partial u_i/\partial s^i) + \beta_i p_Z(\partial u_i/\partial x^i) = 0$ erfüllt, womit für die durch Annahme M2 spezifizierte Funktion u_i folgt $f'(s^i) = (\beta_i p_Z/a_i)$. Da $f'' > 0$ gilt, ist die Funktion f' streng monoton steigend, womit eine Umkehrfunktion f'^{-1} der Funktion f' existiert, d.h. es gilt

$$s^i = f'^{-1}\left[\frac{\beta_i p_Z}{a_i}\right]$$

Da f' monoton steigend ist, ist auch f'^{-1} monoton steigend, womit die Umweltbelastungsnachfragefunktion anhand des nachstehenden Schaubilds 3.5 dargestellt werden kann. Dieses Schaubild zeigt, was streng monotones Wachstum von f^{-1} impliziert, nämlich, daß für beliebige Konsumenten i,j mit $i \neq j$ und $(\beta_i/a_i) < (\beta_j/a_j)$ für jedes $p_Z > 0$ auch $s^i < s^j$ folgt. Ist daher der Konsument m ein Medianwähler in einem Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B^I, so ist m auch Medianwähler in einem Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie $\bar{E}_B^I$, wenn sich $\bar{E}_B^I$ von E_B^I durch $(\gamma_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1})$ oder ω_a unterscheidet.

Annahme M3:

Die Zahl der Konsumenten in Ökonomie E_B^I ist eine ungerade Zahl, und für die i = 1,...,N Nutzenfunktionen gilt:

$$u_i(x^i,s^i) = A_i(x^i)^{a_i}\ (\bar{s} - s^i)^{1-a_i} \qquad \text{mit } 0 < a_i < 1.$$



$A_i > 0 \;,\quad \bar{s} \gg 0 \quad \text{und} \quad 0 \leqq s^i \leqq \bar{s}\;.$[1)]

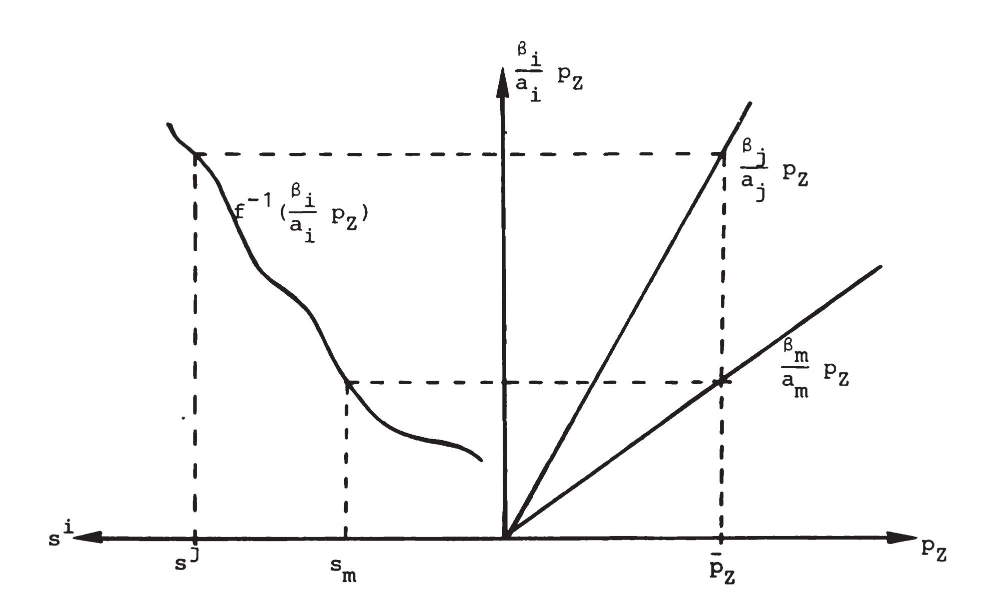


Schaubild 3.5

In Annahme M3 wird der Definitionsbereich der hier spezifizierten Cobb-Douglas-Nutzenfunktion durch $\bar{s}$ nach oben beschränkt. Der Wert $\bar{s}$ kann interpretiert werden als eine obere Umweltbelastungsgrenze, deren Überschreiten einen Nicht-Überlebenskonsum an Umweltbelastungen bedeutet. Aus den first-order-Bedingungen für einen Sattelpunkt der auf S. 68 spezifizierten Lagrange-Funktion L_i erhält man für die obige Cobb-Douglas-Funktion die Umweltbelastungsnachfragefunktion

$$s^i = a_i\bar{s} - (1 - a_i)\ (I_i/\beta_i p_Z)$$

---

1) Durch $\bar{s} \gg 0$ wird zum Ausdruck gebracht, daß $\bar{s}$ "viel größer" als Null ist.

Geht man davon aus, daß $\beta_i = \gamma_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1}$ für i = 1,..,N gilt, folgt für die individuelle Umweltbelastungsnachfragefunktionen

$$s^i = a_i\bar{s} - (1 - a_i)[(p_A\omega_a + \pi + \pi_{K+1}) / p_Z]$$

$$(3.19) \qquad s^i = a_i\left[\bar{s} + \frac{p_A\,\omega_a + \pi + \pi_{K+1}}{p_Z}\right] - \frac{p_A\omega_a + \pi + \pi_{K+1}}{p_Z}$$

Der Ausdruck (3.19) verdeutlicht, daß bei Gültigkeit der Annahme M3 und $\beta_i = \gamma_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1}$ für i = 1,...,N der Konsument mit dem "Medianpräferenzparameter" a_m = median $(a_1,....,a_N)$ auch Medianwähler bei beliebig endlicher Anfangsausstattung ω_a der Ökonomie ist.[1)]

3.5 Die individuelle Transformationskurve

3.5.1 Das Konzept

In neoklassischen Zwei-Güter-,Zwei-Faktor-Modellen können gesamtwirtschaftliche Allokationen in bekannter Weise anhand der Transformationskurve der Ökonomie und eines Systems sozialer Indifferenzkurven dargestellt werden. Geht man von der Konstanz des Medianwählers aus, die etwa dann gegeben ist wenn Annahme M1 oder M2 gilt, können in dem vorliegenden umweltökonomischen Ein-Sektor-Modell gleichgewichtige Umweltbelastungen anhand der "Transformationskurve des Medianwählers" und des Indifferenzkurvensystems des Medianwählers dargestellt werden. Mit dem Konzept der "individuellen" Transformationskurve wird für jeden Konsumenten i der Ökonomie E_B^I ein Zusammenhang zwischen Umweltbelastungen und dem Konsum des i am privaten Gut in der folgenden Form dargestellt:

---

1) Ein Beispiel für die Identifikation eines Konsumenten m als Medianwähler in einer Ökonomie mit zwei rein privaten Konsumgütern und Umweltbelastungen findet sich in Abschnitt 4.3. Analog zu dem oben diskutierten Fall werden in Abschnitt 4.3 Nutzenfunktionen des Cobb-Douglas-Funktionstyps unterstellt.

<u>Definition 3.2:</u>

Eine Funktion $f_i : R_+ \to R_+$ wird <u>individuelle Transformationskurve</u> des i-ten Konsumenten genannt, falls gilt:
Für jedes $(\bar{x}^i, \bar{z}) \in f_i$ existiert ein Preisvektor $(p_A, p_E, p_Z) > 0$, ein Produktionsplan $(\bar{y}, \bar{y}_a, \bar{y}_e)$ und $(\bar{e}, \bar{z})$ derart, daß

(a) $\bar{x}^i = \gamma_i p_A \omega_a + \theta_i \pi + \theta_i^{K+1} \pi_{K+1} + \beta_i p_Z \bar{s}^i \geqq 0$

(b) $\bar{s}^i = \bar{z} \geqq 0, \quad \bar{y}_a = \omega_a, \quad \bar{y}_e = \bar{e}$

(c) $(\bar{e}, \bar{z})$ maximiert $p_E e - p_Z z$ über $z = Z(e)$

(d) $(\bar{y}, \bar{y}_a, \bar{y}_e)$ maximiert $y - p_E y_e - p_A y_a$ über $y = G(y_a, y_e)$

Das Konzept der individuellen Transformationskurve läßt sich wie folgt erläutern: Gegeben sei ein Preissystem (p_A, p_E, p_Z) mit $p_A > 0$, $p_E > 0$ und $p_Z > 0$. Dieses Preissystem soll so gewählt sein, daß die Pläne der Anbieter und Nachfrager auf dem Markt für Faktor a und dem Markt für das Kuppelprodukt e deckungsgleich sind, d.h. die in Bedingung (b) der Definition 3.2. genannten Forderungen $\bar{y}_a = \omega_a$ und $\bar{y}_e = \bar{e}$ erfüllt sind. Offensichtlich ist dies nicht bei jedem beliebigen Preissystem der Fall. Allerdings gibt es "einige" Preisvektoren, auf die dies zutrifft. Der Produzent des privaten Gutes plant bei dem gegebenen Preissystem eine Angebotsmenge $y = \bar{y}$ und der Umweltproduzent das Umweltbelastungsangebot $z = \bar{z}$. Dabei sind den Produktionsplänen der beiden Produzenten die Gewinne π und π_{K+1} zugeordnet. Da sämtliche Gewinne den Konsumenten zufließen, wäre unter Berücksichtigung der Zahlungen für Umweltbelastungen und der Einkommen aus dem Verkauf des Faktors a bei dem gegebenem Preissystem dem Konsumenten i das Einkommen $(\gamma_i p_A \omega_a + \theta_i \pi + \theta_i^{K+1} \pi_{K+1} + \beta_i p_Z \bar{z})$ zugeordnet. Mit diesem Einkommen kann aber gerade die Menge $x^i = \bar{x}^i$ des privaten Konsumgutes gekauft werden. Demnach wäre eine Kombination $(\bar{x}^i, \bar{z})$ für den Konsumenten i erreichbar oder m.a.W. liegt auf dessen individuellen Transformationskurve. Die individuelle Transformationskurve des Konsumenten i ist somit der geometrische Ort aller Konsumkombinationen (x^i, z) bei denen die Märkte für Faktor a und e geräumt sind, die Produktionspläne

aller Produzenten gewinnmaximal sind, das Umweltbelastungsangebot z dem Umweltbelastungskonsum des i entspricht und die Budgetrestriktion für Konsument i erfüllt ist. Dabei ist klar, daß unterschiedlichen Punkten der individuellen Transformationskurve i.d.R. unterschiedliche Preisvektoren (p_A, p_E, p_Z) zugeordnet sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die individuelle Transformationskurve des Konsumenten i eine Antwort auf folgende Frage gibt: Der Konsument i wird autorisiert, als Diktator die Umweltbelastung der Ökonomie festzulegen. Welche Kombinationen (x^i, z) sind dann für diesen Konsumenten unter Berücksichtigung des Parametervektors $(\beta_i, \gamma_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1})$, der Anfangsausstattung ω_a, der Produktionstechnologien G,Z bei Vollbeschäftigung des Faktors a realisierbar? Unter Berücksichtigung der Forderungen (b),(c),(d) von Definition 3.2 und der Gewinndefinitionen kann die Bedingung (a) der Definition 3.2 für $(x^i, z) \in R_+^2$ geschrieben werden als

$$(3.20) \qquad x^i = p_A\omega_a(\gamma_i - \Theta_i) + p_E e(\Theta_i^{K+1} - \Theta_i) + \Theta_i y + p_Z z(\beta_i - \Theta_i^{K+1})$$

Fall I: Gleichmäßige Verteilung der Anspruchstitel

Aus (3.20) folgt unmittelbar für $\gamma_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \beta_i$ und/oder $\gamma_i = \beta_i$ und G,Z linear homogen die individuelle Transformationskurve

$$(3.21) \qquad x^i = \Theta_i y = \Theta_i G(\omega_a, Z^{-1}(z))$$

mit Z^{-1} als Umkehrfunktion der Funktion Z. Damit erhält in diesem Falle der Konsument i für beliebige Umweltbelastungen $z \geqq 0$ immer den Anteil Θ_i an der Gesamtproduktion des privaten Gutes. Da eine gleichmäßige Verteilung der Anspruchstitel auf die Einkommensbestandteile Faktoreinkommen, Gewinneinkommen aus privater Güterproduktion, Gewinneinkommen aus Umweltproduktion und Umweltbelastungseinkommen durch die Prämisse $\gamma_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \beta_i$ zugrunde gelegt wird, ist unabhängig vom Preissystem das Ein-

kommen des Konsumenten i nach Umweltbelastungszahlungen (I_i + + $\beta_i p_Z z$) der β_i-te Teil des Gesamteinkommens aller Konsumenten. Da dem Gesamteinkommen aller Konsumenten nach Umweltbelastungszahlung $p_A \omega_a + \pi + \pi_{K+1} + p_Z z$ unter Berücksichtigung der Forderungen (c),(d) der Definition 3.2 auf der Angebotsseite die Menge y am privaten Konsumgut gegenübersteht, ergibt sich hier der Konsum des i am privaten Konsumgut als $x^i = \Theta_i y$.

Aus der Beziehung (3.21) wird deutlich, daß - aufgrund der in Abschnitt 3.2 gezeigten Konkavität der Transformationskurve bei nicht-negativem Grenzprodukt des Faktors e - die individuelle Transformationskurve jedes Konsumenten, unter den in (3.21) unterstellten Prämissen, bei nicht-negativem Grenzprodukt des Faktors e konkav ist. Die geometrische Darstellung der individuellen Transformationskurve des Konsumenten i kann für $\beta_i = \gamma_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1}$ durch das Schaubild 3.6 illustriert werden.

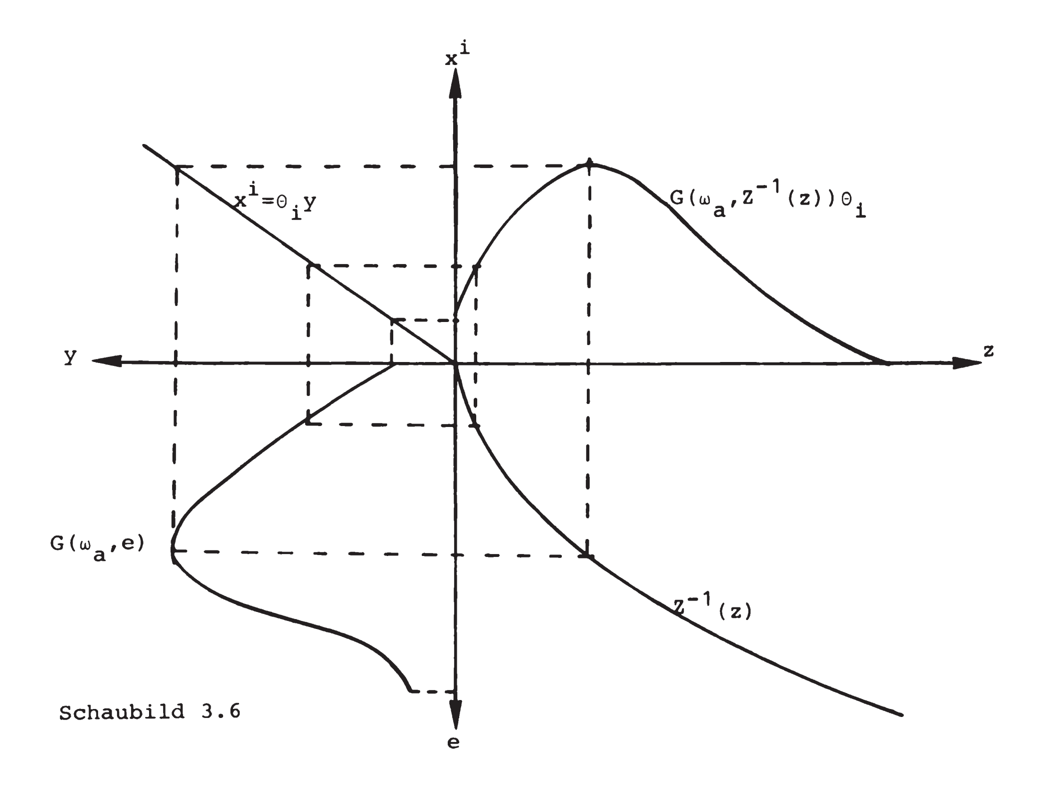


Schaubild 3.6

Fall II: Angebotsbestimmte Preise

In der nächsten näheren Spezifizierung der Beziehung (3.20) wird davon ausgegangen, daß eine unterschiedliche individuelle Faktorausstattung der Konsumenten vorliegt, die Umweltbelastungszahlungen allerdings auf alle Konsumenten gleichverteilt werden, womit gilt: $\gamma_i \neq \gamma_j$ für einige $i,j = 1,\ldots,N$ mit $i \neq j$ und $\beta_i = 1/N$ für $i = 1,\ldots,N$. Um die Darstellung dieses Falles einfach zu halten, sei davon ausgegangen, daß sämtliche Preise von der Angebotsseite des Modells bestimmt sind. Dies ist der Fall, wenn eine lineare Umweltbelastungsfunktion Z vorliegt und die Produktionsfunktion G spezifiziert wird durch

$$(3.22) \qquad y = G(y_a,y_e) = ay_a + by_e \qquad \text{mit } a,b > 0 \quad \text{und}$$

$0 \leqq y_e \leqq y_a \tan\varphi$ und $0^\circ < \varphi < 90^\circ$. Das Isoquantensystem dieser Produktionsfunktion kann analog zu demjenigen des Schaubilds 3.2 illustriert werden, wobei die Isoquanten aufgrund der unendlichen Substitutionselastizität als Geraden in Schaubild 3.2 eingezeichnet würden. Beim Preissystem (p_A,p_E,p_Z) mit $p_A = a$, $p_E = b$, $p_Z = (b/Z'(e))$ und $Z'(e) = c$ = konstant korrespondieren zu beliebigen Punkten der linearen Transformationskurve gewinnmaximale Produktionspläne. Die individuelle Transformationskurve des Konsumenten i ergibt sich daher im zur Debatte stehenden Fall als

$$(3.23) \qquad x^i = \gamma_i a\omega_a + \frac{1}{N}\frac{b}{c}z$$

Geht man im vorliegenden Fall von N = 3 Konsumenten aus, deren Anteile an der Faktorausstattung durch $\gamma_1 = 0$, $\gamma_2 = 1/4$, $\gamma_3 = 3/4$ numerisch festgelegt sind, können die individuellen Transformationskurven dieser Konsumenten sowie eine gleichgewichtige Bowen-Allokation in dem nachstehenden Diagramm erläutert werden. In Schaubild 3.7 kennzeichnet $\bar{z}$ die maximal mögliche Umweltbelastung, die mit I(1), I(2), I(3) gekennzeichneten Kurven

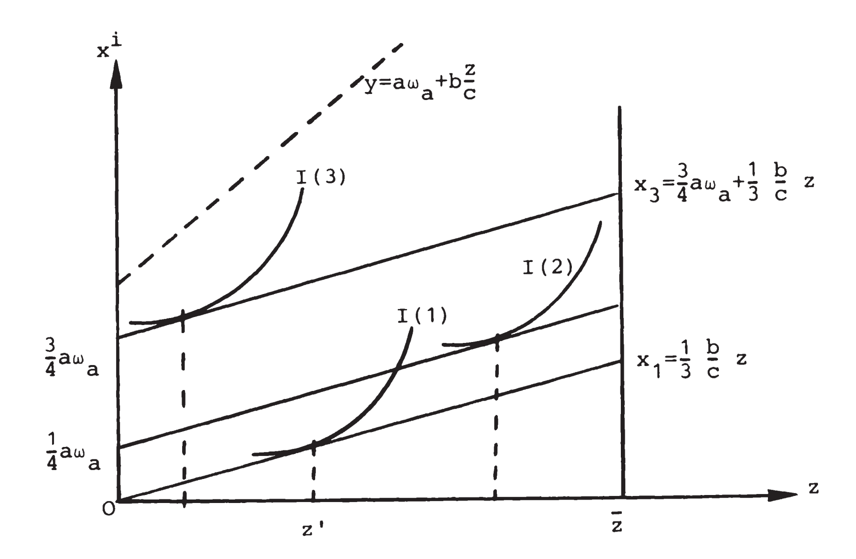


Schaubild 3.7

jeweils Indifferenzkurven der Konsumenten 1,2,3 und die gestrichelt gezeichnete Gerade die Transformationskurve der Ökonomie. Beim vorgegebenen, angebotsbestimmten Preissystem ist der Konsument 1 der Medianwähler, womit z' die gleichgewichtige Umweltbelastung angibt und die Schnittpunkte einer Senkrechten über z' mit den Transformationskurven die gesamtwirtschaftliche Produktion am privaten Gut sowie deren Aufteilung auf die Konsumenten beschreibt.

Interessant an dem in Schaubild 3.7 illustrierten Beispiel ist die Verdeutlichung der "verteilungspolitischen" Dimension des Parameters β_i. Obwohl der Konsument 1 über keinerlei Erstausstattung an dem Produktionsfaktor a verfügt, ist ihm aufgrund seines durch β_i definierten Anspruchs auf Zahlungen aus der Nutzung des Umweltpotentials zu Produktionsaktivitäten ein positiver Konsum am privaten Gut möglich. Weiterhin ist anhand des

Schaubilds 3.7 die in empirischen Untersuchungen öfters anzutreffende Arbeitshypothese der Übereinstimmung von Medianeinkommensbezieher und Medianwähler für einen einfachen ökonomischen Zusammenhang falsifiziert.[1] Der Medianeinkommensbezieher wäre im obigen Zusammenhang wegen $0 \leqq (1/4) a\ \omega_a \leqq (3/4) a\ \omega_a$ der Konsument 2. Die Identität von Medianwähler und Medianeinkommensbezieher könnte - wie sich leicht zeigen läßt - in der hier spezifizierten Bowen-Ökonomie auch bei identischen Nutzenfunktionen aller Konsumenten und unterschiedlichen Parametern β_i nicht behauptet werden.

Anhand der Abbildung 3.7 lassen sich in einfacher Weise einige Resultate einer komparativ-statischen Analyse bei angebotsbestimmtem Preissystem erklären. Dazu wird diese Abbildung in der Weise interpretiert, daß drei unterschiedliche Konsumententypen unterstellt werden und die Konsumenten eines Types - etwa des Types 3 - mehr als 50% der Konsumenten stellen. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich bei einer Erhöhung der Anfangsausstattung der Ökonomie mit Faktor a ($d\omega_a > 0$) und/oder einer Veränderung der individuellen Erstausstattung mit Faktor a ($d\gamma_i \neq 0$ für einige i) derart, daß der Konsumententyp 3 weiterhin mehr als 50% aller Wähler stellt, ein Bowen-Gleichgewicht, das durch den Tangentialpunkt der parallel verschobenen individuellen Transformationskurve mit einer entsprechenden Indifferenzkurve des Konsumententyps 3 dargestellt werden kann. Auf-

---

1) Empirische Anwendungen des Medianwähler-Modells laufen darauf hinaus, die öffentlichen Ausgaben - meist auf lokaler Ebene für spezielle Güter- und Dienstleistungen (etwa öffentliche Budgets für Schulausbildung in Einzelstaaten der USA) - als Funktion des Medianeinkommens zu erklären. Der zentrale Literaturverweis bei derartigen Problemstellungen ist Bergstrom und Goodman (1973), die ebenfalls hinreichende Bedingungen nennen, unter denen der Medianeinkommensbezieher der Medianwähler ist. Einen kritischen Literaturüberblick über die empirischen Anwendungen des Medianwähler-Modells geben Römer und Rosenthal (1979 a). Zur Identifikation des Medianwählers als Medianeinkommensbezieher vgl. auch Bös (1980).

grund der Parallelverschiebung der Transformationskurve des Medianwählers kann die gleichgewichtige Änderung der Umweltbelastung dann völlig durch den Einkommenseffekt des Medianwählers erklärt werden. Soll die in Schaubild 3.7 gezeichnete Ausgangssituation durch Umverteilung des Umweltpotentials geändert werden ($d\beta_3 \neq 0$), ergibt sich eine Drehung der individuellen Transformationskurve um den Punkt $(x^i, z) = (\frac{3}{4} a\omega_a, 0)$. Die geänderte gesamtwirtschaftliche Umweltbelastung ist jetzt durch den Einkommens- und Substitutionseffekt des Medianwählers zu erklären. Wird die Charakteristik des Medianwählers bei Parametervariationen nicht berührt, ändert sich in Schaubild 3.7 als Folge einer verteilungspolitischen Maßnahme das Einkommen der Konsumenten des Typs 1 und 2. Dies hat aber keinen Einfluß auf den Umweltzustand der Ökonomie.

Fall III: Homogene Umweltbelastungsfunktionen

In den bisher diskutierten Fällen individueller Transformationskurvenverläufe konnten durch geeignete Spezifikationen der Ökonomie die in Beziehung (3.20) beschriebenen Preiszusammenhänge "eliminiert" werden. Bei einer allgemeineren Beschreibung individueller Transformationskurven können die unter den Annahmen U1 und G1 abgeleiteten Zusammenhänge bei Preissystemen $(p_A, p_E, p_Z) > 0$ und Allokationen $[(y, \omega_a, e), (e, z)] > 0$ zuhilfe gezogen werden. Liegen gewinnmaximale innere Produktionspläne vor, kann wegen (3.9), (3.15), (3.16), (3.17) die Beziehung (3.20) geschrieben werden als

$$(3.24) \quad x^i = (\gamma_i - \Theta_i)\omega_a G_1(\omega_a, Z^{-1}(z)) + (\Theta_i^{K+1} - \Theta_i) Z^{-1}(z) G_2(\omega_a, Z^{-1}(z)) + \Theta_i G(\omega_a, Z^{-1}(z)) + (\beta_i - \Theta_i^{K+1}) z \frac{G_2(\omega_a, Z^{-1}(z))}{Z'(Z^{-1}(z))}$$

Aus Gleichung (3.24) ist ersichtlich, daß bei einer allgemeinen Aussage über das Vorzeichen der zweiten Ableitung der individuellen Transformationskurve f_i Prämissen über die partiellen

Ableitungen dritter Ordnung der Produktionsfunktion G gemacht werden müssen. Die Gleichung (3.24) kann dadurch vereinfacht werden, daß zusätzlich die Homogenität der Umweltbelastungsfunktion Z gefordert wird. Die Forderung der Homogenität der Umweltbelastungsfunktion Z impliziert zunächst, daß

(3.25) $$z = Z(e) = a_o e^r$$

gilt. [1] Da nach (3.4) die Funktion Z konvex und monoton steigend ist sowie $Z(e) \geqq 0$ erfüllt, erhält man $a_o > 0$, $r \geqq 1$. Bei Berücksichtigung von (3.25) erhält man die individuelle Transformationskurve als

(3.26) $$x^i = [\gamma_i - \Theta_i]\omega_a G_1(\bullet) + \Theta_i G(\bullet) + \left[\Theta_i^{K+1}(1-\frac{1}{r}) - \Theta_i + \beta_i \frac{1}{r}\right](\frac{z}{a_o})^{\frac{1}{r}} G_2(\bullet)$$

Im folgenden werden zwei Funktionsklassen genannt, welche die Konkavität der in (3.26) spezifizierten individuellen Transformationskurve garantieren.

Fall IIIa : Separable Produktionsfunktionen

Spezifiziert man die Produktionsfunktion G als separable Funktion durch

(3.27) $$G(\omega_a, e) = A\ (\omega_a)^a + B\ e^b \quad \text{mit } 0 < a,\ b \leqq 1,\ A,B > 0$$

erhält man bei Berücksichtigung von (3.27) für Gleichung (3.26)

(3.28) $$x^i = \left[\Theta_i(1-a) + a\gamma_i\right] A(\omega_a)^a + \left[\Theta_i(1-b) + b(1-\frac{1}{r})\Theta_i^{K+1} + b\frac{1}{r}\beta_i\right] B(\frac{z}{a_o})^{\frac{b}{r}}$$

Da die in den eckigen Klammern von (3.28) beschriebenen Symbole Parameter im vorliegenden Zusammenhang sind und die Vorzeichen

1) Diese Behauptung folgt aus dem Euler-Theorem über homogene Funktionen. Ein Beweis der Behauptung findet sich etwa bei G. Uebe (1976), S.56

der Klammerausdrücke positiv sind, zeigt man leicht, daß $[\partial^2 x^i]/[\partial z^2] \leqq 0$ gilt. Daher ist für gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktionen G in der Spezifikation von (3.27) die individuelle Transformationskurve jedes Konsumenten eine konkave Funktion.

Fall IIb : Modifizierte Cobb-Douglas-Funktionen

Geht man von einer linear homogenen Produktionsfunktion G und einer linear homogenen Umweltbelastungsfunktion Z aus, kann (3.26) geschrieben werden als

$$x^i = \gamma_i \omega_a \, G_1(\cdot) + \beta_i \, \frac{z}{a_o} G_2(\cdot)$$

und bei Zugrundelegung der in (3.2) genannten modifizierten Cobb-Douglas Produktionsfunktion ergibt sich die individuelle Transformationskurve hier als

$$(3.29) \quad x^i = \gamma_i \, c \, A \, (\omega_a)^c \, \left(\frac{z}{a_o}\right)^{1-c} + \beta_i \, \frac{z}{a_o} \left[(1-c) \, A \, (\omega_a)^c \left(\frac{z}{a_o}\right)^{-c} - B \right]$$

Der Einfluß der Einkommensverteilung auf den Kurvenverlauf der individuellen Transformationskurve (3.29) kann verdeutlicht werden, wenn (3.29) umgeformt wird zu

$$(3.29') \quad x^i = \beta_i \left[G \, (\omega_a, Z^{-1}(z)) + \left(\frac{\gamma_i}{\beta_i} - 1\right) c \, A \, (\omega_a)^c \left(\frac{z}{a_o}\right)^{1-c} \right]$$

Man sieht, daß die individuelle Transformationskurve (3.29') konkav ist. Dies ist so, da die Differenz aus der Transformationskurve $G(\omega_a, Z^{-1}(z))$ und dem zweiten Summand in der "runden" Klammer von (3.29') konkav ist.Liegen demnach modifizierte Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen vor und ist die Umweltbelastungsfunktion linear homogen, ist die individuelle Transformationskurve jedes Konsumenten $i = 1,\ldots,N$ konkav. Für gegebene

Parameter $\beta_i = \bar{\beta}_i$ lassen sich nach (3.29') drei Kategorien von Konsumenten untersuchen.[1]

Zur Kategorie 3 zählen Konsumenten, die relativ reichlich mit dem Faktor a ausgestattet sind, womit $\gamma_i > \beta_i$ für diese Konsumenten gilt. Zur Kategorie 2 werden alle Konsumenten gerechnet, die gleich in dem Sinne mit Faktor a und Umweltpotential ausgestattet sind, daß $\gamma_i = \beta_i$ gilt. Analog ist ein Konsument der Kategorie 1 zugeordnet, wenn $\gamma_i < \beta_i$ gilt. Der Verlauf der durch (3.29') beschriebenen individuellen Transformationskurve dreier Konsumenten, die unterschiedlichen Kategorien zugeordnet sind, kann mit Schaubild 3.8 verdeutlicht werden.

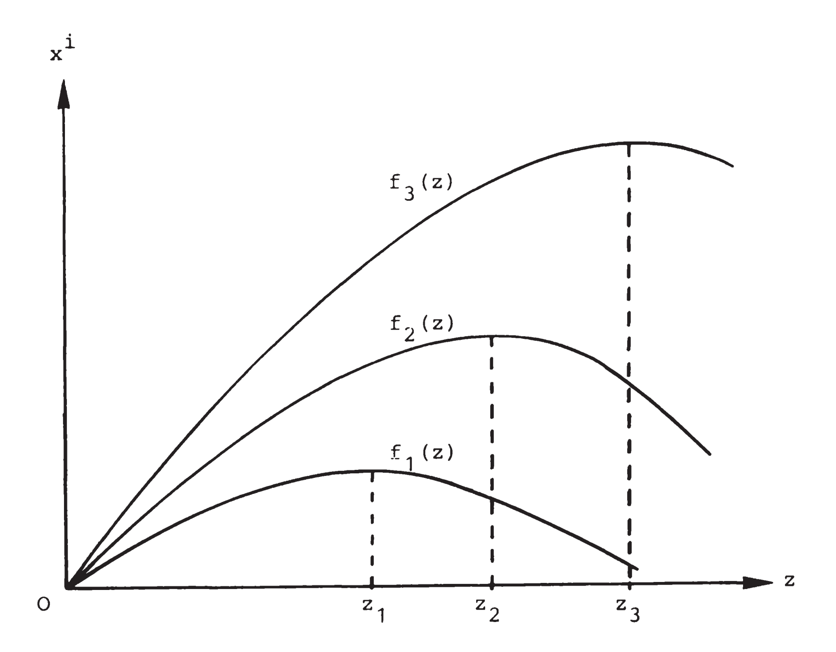


Schaubild 3.8

---

1) Eine derartige Festlegung liegt insbesondere dann nahe, wenn eine Gleichverteilung des Umweltpotentials unterstellt wird, d.h. $\bar{\beta}_i = 1/N$ gilt.

Bezeichnet $x^2 = f_2 (z)$ die individuelle Transformationskurve eines Konsumenten der Kategorie 2, so ist wegen Beziehung (3.29') bei der Umweltbelastung $z = z_2$ das Grenzprodukt einer zusätzlichen Emissionseinheit null. Die individuelle Transformationskurve eines Konsumenten, der relativ reichlich mit Faktor a ausgestattet ist, weist bei der Umweltbelastung $z = z_2$ eine positive Steigung auf. Analog ist die Steigung der Kurve $f_1 (z)$ im Punkte $\dot{z} = z_2$ negativ. Interessant an dem vorliegenden Fall sind die individuellen Transformationskurvenverläufe über den Umweltbelastungsintervallen $[z_1, z_2]$ und $[z_2, z_3]$. Wird eine bestehende Umweltbelastung z im Inneren des Intervalls $[z_1, z_2]$ dadurch gesenkt, daß weniger Emissionen produziert werden, sinkt wegen des vorliegenden positiven Grenzprodukts einer zusätzlichen Emissionseinheit der gesamtwirtschaftliche Output an Konsumgütern. Die dem relativ reichlich an Umweltpotential ausgestatteten Konsumenten 1 zugeordnete Konsumgütermenge wird durch die Reduktion der Umweltbelastung allerdings erhöht. Ebenso impliziert bei einer vorliegenden Umweltbelastung z im Inneren des Intervalls $[z_2, z_3]$ eine zusätzliche Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten wegen des hier gegebenen negativen Grenzprodukts zusätzlicher Emissionen eine Reduktion des gesamtwirtschaftlichen Outputs an Konsumgütern. Die dem mit Faktor a relativ reichlich ausgestatteten Konsumenten 3 zugeordnete Menge des Konsumguts wird allerdings - wie aus Schaubild 3.8 erkennbar - erhöht.

Die eben genannten Implikationen einer Umweltbelastungserhöhung können interpretativ anhand folgender Tâtonnement-Überlegungen verdeutlicht werden. Da linear homogene Umweltbelastungs- und Konsumgütertechnologien vorliegen, gilt für jeden Punkt einer individuellen Transformationskurve $x^i = \gamma_i p_A \omega_a + \beta_i p_Z z$. Sei ein gleichgewichtiges Preissystem und eine gleichgewichtige Umweltbelastung gegeben. Exogen werde die Umweltbelastungsnachfrage erhöht.[1] Auf dem Markt für Umweltbelastungen liegt dann eine Über-

1) Da im vorliegenden Zusammenhang eine Interpretation des Kurvenverlaufs der individuellen Transformationskurven gegeben werden soll, ist es hinreichend, die Nachfrageseite auf dem Umweltbelastungsmarkt exogen zu modellieren. Interpretiert werden kann dies als eine nicht weiter erklärte Erhöhung des Umweltbelastungsstandard im Sinne von Baumol und Oates (1971).

schußnachfrage vor. Dieser Nachfrageüberschuß wird durch eine Senkung des Umweltbelastungspreises p_Z abgebaut. Für einen Konsumenten bedeutet dies zunächst, daß sein Einkommen aus Umweltbelastungszahlungen aufgrund der Erhöhung der Umweltbelastung steigt (Mengeneffekt) und wegen der Reduktion des Umweltbelastungspreises p_Z sinkt (Preiseffekt). Die Senkung des Preises p_Z impliziert aber auf dem Markt für Emissionen einen Angebotsüberhang, der durch Senkung des Preises p_E, verbunden mit einer Erhöhung des Faktorpreises p_A, abgebaut wird. Die Änderung des Faktorpreises wirkt dann als zusätzlicher Preiseffekt auf das Einkommen des Konsumenten. Ist der Konsument relativ reichlich mit Faktor a ausgestattet, dominiert der Faktorpreiseffekt die o.a. Umweltbelastungseffekte des Einkommens. Dies ist nach Abbildung 3.8 für den Konsumenten 3 im Intervall $[z_2, z_3]$ der Fall.

3.5.2 Individuelle Transformationskurve und Bowen-Gleichgewicht

Nachdem das Konzept der individuellen Transformationskurve vorgestellt ist, Bedingungen für die Konkavität der individuellen Transformationskurve genannt sind und für die Klasse der modifizierten Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen bei linear homogenen Umweltbelastungsfunktionen Zusammenhänge zwischen Einkommensverteilung und individuellen Transformationskurvenverläufen erörtert wurden, wird jetzt die Darstellung von Bowen-Gleichgewichten anhand der individuellen Transformationskurve diskutiert. Unmittelbar stellt sich die Frage, ob ein Bowen-Gleichgewicht der vorliegenden Ökonomie E_B^I dadurch ausgezeichnet ist, daß in diesem Gleichgewicht der Medianwähler seine individuelle Transformationskurve über seinen Präferenzen maximiert. In diesem Abschnitt wird gezeigt, daß bei einer Gleichverteilung der Anspruchstitel auf Einkommensbestandteile sowie angebotsbestimmten Preisen der Medianwähler im Bowen-Gleichgewicht seine individuelle Transformationskurve über seinen Präferenzen maximiert. Im allgemeinen kann jedoch - wie am Beispiel der modifizierten Cobb-Douglas-Produktions-

funktion sowie für separable Produktionsfunktionen gezeigt wird - diese Behauptung nicht aufrechterhalten werden.

Fall I: Gleichmäßige Verteilung der Anspruchstitel

Wird eine Gleichverteilung der Anspruchstitel auf Einkommensbestandteile unterstellt, gilt $\beta_i = \gamma_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1}$ für $i = 1,..,N$, und die individuellen Transformationskurven werden durch Gleichung (3.21) beschrieben.[1] Anhand der individuellen Transformationskurve des Medianwählers $f_m(z)$ kann dann das Bowen-Gleichgewicht mit Schaubild 3.9 dargestellt werden.

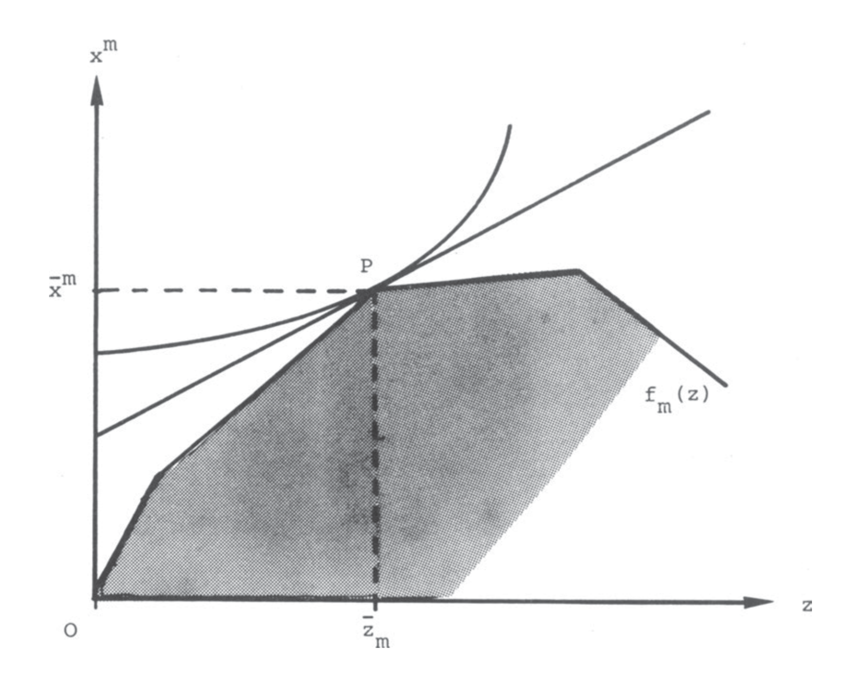


Schaubild 3.9

1) Eine Gleichverteilung der Anspruchstitel auf Einkommensbestandteile impliziert nicht notwendigerweise $\beta_i = 1/N$ für $i = 1,...,N$, d.h. eine gleichmäßige Einkommensverteilung.

Die dem Punkt P zugeordnete Umweltbelastung $\bar{z}_m$ ist der in diesem Bowen-Gleichgewicht vorliegende Umweltbelastungszustand. Die durch den Punkt P gelegte Gerade tangiert eine Indifferenzkurve des Medianwählers sowie dessen individuelle Transformationskurve $f_m(z)$. Diese Gerade kann als die Budgetgerade des Medianwählers beim gleichgewichtigen Preissystem $\bar{q} = (\bar{p}_A, \bar{p}_E, \bar{p}_Z)$ identifiziert werden, womit gilt

$$x^m = \gamma_m \bar{p}_A \omega_a + \Theta_m \pi(\bar{q}) + \Theta_m^{K+1} \pi_{K+1}(\bar{q}) + \beta_m \bar{p}_Z z$$

Beim gleichgewichtigen Preissystem $\bar{q}$ ermittelt der Medianwähler m als Mengenanpasser durch Maximierung seiner Nutzenfunktion über seiner Budgetgeraden die dem Punkt P in Schaubild 3.9 zugeordnete Konsumkombination.

Die Behauptung, der durch Mengenanpassung ermittelte Konsumplan P des Medianwählers ist ein individuell-bester Konsumplan der Menge aller Konsumpläne auf der individuellen Transformationskurve, kann durch folgende Überlegungen bewiesen werden: Wäre P kein individuell-bester Konsumplan, gäbe es offenbar einen Konsumplan $(\overset{*}{x}{}^m, \overset{*}{z}) \in f_m$ derart, daß

$$(\overset{*}{x}{}^m - \beta_m \bar{p}_Z \overset{*}{z}) > \gamma_m \bar{p}_A \omega_a + \Theta_m [\bar{y} - \bar{p}_A \omega_a - \bar{p}_E \bar{e}] + \Theta_m^{K+1} [\bar{p}_E \bar{e} - \bar{p}_Z \bar{z}]$$

Da $\beta_m = \Theta_m = \Theta_m^{K+1} = \gamma_m$ gilt, bedeutet dies aber, daß die Ungleichung

$$\overset{*}{x}{}^m - \beta_m \bar{p}_Z \overset{*}{z} > \beta_m \bar{y} - \beta_m \bar{p}_Z \bar{z}$$

erfüllt ist und wegen $f_m(z) = \beta_m G(\omega_a, Z^{-1}(z))$ und $\overset{*}{x}{}^m = f_m(\overset{*}{z})$ folgt $\overset{*}{x}{}^m = \beta_m \overset{*}{y}$. Daher kann die obige Ungleichung geschrieben werden als

$$\beta_m \overset{*}{y} - \beta_m \bar{p}_Z \overset{*}{z} > \beta_m \bar{y} - \beta_m \bar{p}_Z \bar{z}$$

und wegen $\beta_m > 0$ folgt $(\overset{*}{y} - \bar{p}_Z\overset{*}{z}) > (\bar{y} - \bar{p}_Z\bar{z})$ bzw.

$$(\overset{*}{y} - \bar{p}_A\omega_a - \bar{p}_E\overset{*}{e})+(\bar{p}_E\overset{*}{e} - \bar{p}_Z\overset{*}{z}) > (\bar{y} - \bar{p}_A\omega_a - \bar{p}_E\bar{e})+(\bar{p}_E\bar{e} - \bar{p}_Z\bar{z})$$

womit der gleichgewichtige Produktionsplan mindestens eines Produzenten beim gleichgewichtigen Preissystem $\bar{q}$ nicht gewinnmaximal wäre.

Fall II: Angebotsbestimmte Preise

Werden die gleichgewichtigen Preise ausschließlich von der Anbotsseite der Ökonomie bestimmt, wie in dem in Schaubild 3.7 illustrierten Fall unterstellt, ist das Einkommen jedes Konsumenten $\gamma_i p_A \omega_a + \Theta_i \pi(q) + \Theta_i^{K+1} \pi_{K+1}(q)$ bei beliebigen gesamtwirtschaftlichen Umweltbelastungen konstant. Daher ist die individuelle Transformationskurve eines Konsumenten mit jeder gleichgewichtigen Budgetgeraden dieses Konsumenten identisch,und der in einem Bowen-Gleichgewicht realisierte Konsumplan des Medianwählers ist bei gegebenen Parametern β_i, γ_i, Θ_i , Θ_i^{K+1} ein individuell-bester Konsumplan.

Fall III: Suboptimalität der Mengenanpassung

Wird die Einschränkung der Gleichverteilung der Anspruchstitel auf Einkommensbestandteile und/oder die Prämisse eines von der Angebotsseite bestimmten gleichgewichtigen Preissystems aufgehoben, können Bowen-Gleichgewichte nicht anhand der in Abbildung 3.9 präsentierten Darstellung für den Medianwähler abgebildet werden. Vielmehr gelten im allgemeinen für den Medianwähler im Bowen-Gleichgewicht die durch Schaubild 3.1o modifizierten Zusammenhänge.

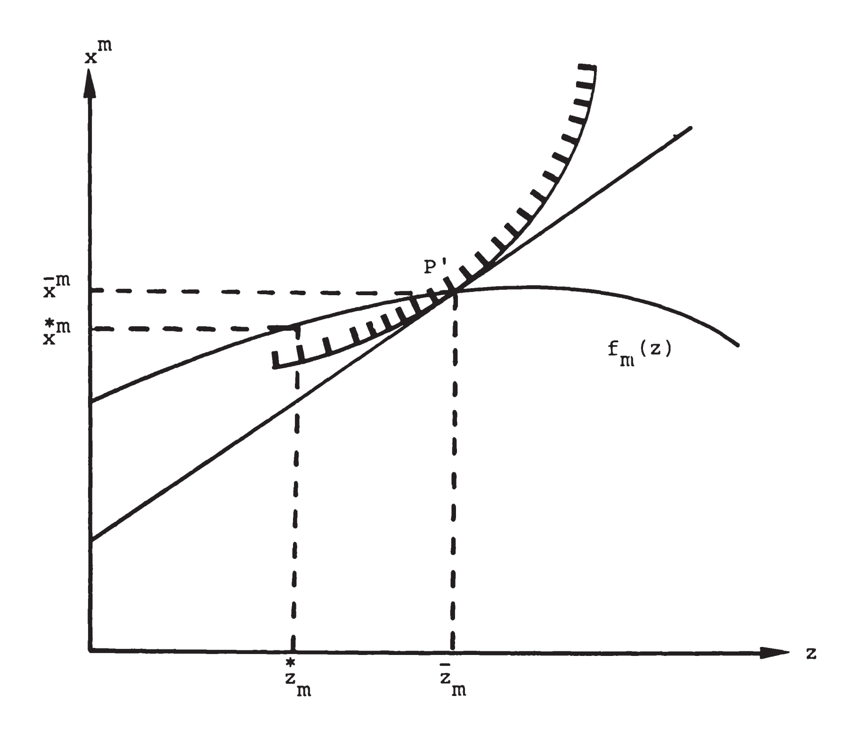


Schaubild 3.10

Die durch Punkt P' gezeichnete Gerade ist die Budgetgerade des Medianwählers im Bowen-Gleichgewicht mit der Umweltbelastung $\bar{z}_m$. Aus Schaubild 3.10 wird deutlich, daß es - im Vergleich zu Schaubild 3.9 - hier Konsumpläne $(\overset{*}{x}^m, \overset{*}{z}_m)$ auf der individuellen Transformationskurve $f_m(z)$ gibt, die individuell-besser als der beste (gleichgewichtige) Konsumplan $(\bar{x}^m, \bar{z})$ bei Mengenanpassung sind. Obwohl der Konsument m im vorliegenden Zusammenhang als Medianwähler die Allokation der Ökonomie bestimmt, impliziert sein Verhalten als Mengenanpasser die Selektion eines für ihn nicht individuell-besten Konsumplans. Da à priori nicht ausgeschlossen werden kann, daß bei dem in Kapitel 4

näher zu umschreibenden nicht mengenanpasserischen Verhalten der Konsument m den Konsum $(\overset{*}{x}^m, \overset{*}{z}_m)$ zu realisieren vermag, begründen die in Schaubild 3.1o illustrierten Zusammenhänge quasi den Kern des noch zu untersuchenden Freifahrerproblems.

Die Behauptung der Existenz der in Abbildung 3.1o illustrierten Zusammenhänge kann leicht für die Spezifikation der Produktionsfunktion G als separabler Funktion oder modifizierter Cobb-Douglas-Funktion bewiesen werden. Geht man von der in (3.27) spezifizierten separablen Produktionsfunktion G und einer homogenen Umweltbelastungsfunktion Z aus, wird die individuelle Transformationskurve eines Konsumenten durch Gleichung (3.28) beschrieben. Für die gesamtwirtschaftliche Transformationskurve gilt dann $y = f(z) = A(\omega_a)^a + B(z/a_o)^{b/r}$,und es folgt unmittelbar $f_i'(z) = [\Theta_i(1-b) + b[1-(1/r)]\,\Theta_i^{K+1} + b(1/r)\beta_i]\, f'(z)$ mit f_i' $[f']$ als Ableitung der individuellen [gesamtwirtschaftlichen] Transformationskurve. Unterstellt man jetzt $[\Theta_i(1-b) + b[1-(1/r)]\Theta_i^{K+1} + b(1/r)\beta_i] \neq \beta_i$ für jedes $i = 1,..,N$, gilt $f_i'(z) \neq \beta_i f'(z)$,und da bei innerer Lösung der Optimierungsprobleme der Produzenten $f'(z) = p_Z$ gilt, erhält man $f_i'(z) \neq \beta_i p_Z$. Da die rechte Seite der eben genannten Ungleichung die Steigung der Budgetgeraden des Konsumenten i angibt, tangiert im Bowen-Gleichgewicht die Budgetgerade nicht die individuelle Transformationskurve des Medianwählers, was in Schaubild 3.1o illustriert ist.

Im Falle einer modifizierten Cobb-Douglas-Produktionsfunktion und einer linear-homogenen Umweltbelastungsfunktion Z gilt für die individuelle Transformationskurve jedes Konsumenten die Gleichung (3.29'). Für $\gamma_i \neq \beta_i$ erhält man unmittelbar $f_i'(z) \neq \beta_i G_2(\omega_a, Z^{-1}(z))Z^{-1}{}'(z) = \beta_i f'(z)$ womit , wie im obigen Fall der separablen Produktionsfunktion, die Ableitung der individuellen Transformationskurve für beliebiges $z \geq 0$ nicht das

β_i-fache der Steigung der gesamtwirtschaftlichen Transformationskurve ist. Daher ergibt sich aus denselben Argumenten wie im Falle separabler Produktionsfunktionen die Behauptung, Mengenanpassung impliziert die Selektion nicht individuell-bester Konsumpläne für den Medianwähler.

3.6 Die komparative Statik des Ein-Sektor-Modells

In diesem Abschnitt werden Zusammenhänge zwischen dem Parametervektor $[(\beta_i, \gamma_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1})_{i=1}^N, \omega_a]$, der gleichgewichtigen Allokation und dem gleichgewichtigen Preissystem des Ein-Sektor-Bowen-Modells diskutiert. Da durch den Parametervektor $(\beta_i, \gamma_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1})$ Anspruchstitel auf Einkommensbestandteile definiert sind, wird durch den Vergleich der alternativen Einkommensanspruchsparametern zugeordneten Bowen-Gleichgewichten explizit die Frage der Auswirkungen der Einkommensverteilung auf die gesamtwirtschaftliche Allokation und das Preissystem untersucht. Die Fragen der Implikationen exogener Präferenzänderungen sowie die Implikationen von Technologieänderungen (technischer Fortschritt) für die gesamtwirtschaftliche Allokation und das gleichgewichtige Preissystem werden hier nicht gestellt.

Um die in Abschnitt 3.4 genannten Probleme der nicht hinreichenden Differenzierbarkeit der Medianumweltbelastungsfunktion zu vermeiden, wird im folgenden immer davon ausgegangen, daß es einen Konsumententyp gibt, der über 5o% aller Konsumenten stellt. Damit gilt Annahme M1. Werden zusätzlich die Annahmen U1 und G1 erfüllt, genügt ein inneres Bowen-Gleichgewicht $B(E_B^I) > 0$ dem auf Seite 69 f aufgeführten Gleichungssystem (3.4), (3.9), (3.15), (3.16), (3.17), (3.18). Wegen der Gültigkeit der Annahme M1 kann dabei (3.18) formuliert werden als

$$z = S_m(p_Z^m, I_m) \quad \text{mit} \quad p_Z^m \equiv \beta_m p_Z \tag{3.3o}$$

mit m einem repräsentativen Konsumenten des in der Mehrheit befindlichen Typs. Wird weiter Annahme G1 durch die nachstehende

Annahme G2:

Die Produktionsfunktion G genügt der Annahme G1 und ist linear homogen.

verschärft, erhält man durch totale Differentiation der Gleichungen (3.15), (3.16), (3.17) nach dem "∧" Kalkül:[1)2)]

$$\hat{p}_A = \frac{\Theta_e}{\sigma} (\hat{e} - \hat{\omega}_a) \tag{3.31}$$

$$\hat{p}_E = \frac{-\Theta_a}{\sigma} (\hat{e} - \hat{\omega}_a) \tag{3.32}$$

$$\hat{y} = \Theta_a \hat{\omega}_a + \Theta_e \hat{e} \tag{3.33}$$

mit $\sigma \equiv [G_1(\cdot)\ G_2(\cdot)]/[G(\cdot)\ G_{12}(\cdot)]$ als Substitutionselastizität und den Anteilen der Faktoren a und e am Wert des Sozialprodukts, $\Theta_a \equiv [G_1(\cdot)\omega_a]/y$; $\Theta_e \equiv [G_2(\cdot)\ e]/y$. Wegen der Linearhomogenität der Funktion G gilt dabei $\Theta_a + \Theta_e = 1$. Aus (3.31), (3.32), erhält man

$$(\hat{p}_e - \hat{p}_a)\ \sigma = (\hat{\omega}_a - \hat{e}) \tag{3.34}$$

weshalb $\hat{p}_A, \hat{p}_E$ geschrieben werden kann als

$$\hat{p}_A = (-\Theta_e)(\hat{p}_e - \hat{p}_a)\ ;\quad \hat{p}_E = \Theta_a(\hat{p}_e - \hat{p}_a) \tag{3.35}$$

wird die Umweltbelastungsfunktion spezifiziert durch die

---

1) Der Ausdruck ' "∧" - Kalkül' ist als ' Dach-Kalkül' zu lesen, wobei das "∧" über einer Variablen als infinitesimale relative Änderung dieser Variablen definiert wird.
2) Bei den Umformungen wurde der Euler-Satz über homogene Funktionen angewendet.

Annahme Z1 (Umweltbelastungsfunktion):
Die Funktion Z erfüllt die Forderung der Beziehung(3.4) und ist homogen vom Grade $r \geqq 1$

erhält man nach totaler Differentiation der Gleichungen (3.4) und (3.9)

$$(3.36) \qquad \hat{z} = r\,\hat{e}$$

$$(3.37) \qquad \hat{p}_E = (r-1)\,\hat{e} + \hat{p}_Z$$

wobei (3.37) unter Berücksichtigung von (3.35) gegeben ist als

$$(3.38) \qquad \hat{p}_Z = \Theta_a(\hat{p}_e - \hat{p}_a) - (r-1)\,\hat{e}$$

Mit diesen Ausführungen ist die komparative Statik der Angebotsseite des Ein-Sektor-Modells vollständig beschrieben. Wegen Annahme M1 wird die Nachfrageseite rudimentär durch die Umweltbelastungsnachfrage des (konstanten) Medianwählers m modelliert. Die Anwendung des "$\wedge$"-Kalküls auf die Gleichung (3.3o) gibt

$$\hat{z} = \eta^m_{s,p_Z}(\hat{\beta}_m + \hat{p}_Z) + \eta^m_{s,I}\,\hat{I}_m$$

mit $\eta^m_{s,p_Z} \equiv (\partial S_m/\partial p^m_Z)/(p^m_Z/s_m)$ und $\eta^m_{s,I} \equiv (\partial S_m/\partial I_m)/(I_m/s_m)$ als Preiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage und Einkommenselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten m. Da das gleichgewichtige Einkommen des Medianwählers aufgrund der linearen Homogenität der Funktion G und r-Homogenität der Funktion Z gegeben ist als

$$I_m = \gamma_m p_A \omega_a + \Theta^{K+1}_m (r-1) p_Z z$$

kann bei Anwendung des "$\wedge$" Kalküls auf diese Gleichung die relative Änderung der Umweltbelastungsnachfrage geschrieben werden

als

$$(3.39)\qquad \hat{z} = \eta^{m}_{s,p_Z}(\hat{\beta}_m + \hat{p}_Z) + \eta^{m}_{s,I}[\lambda(\hat{\gamma}_m + \hat{\omega}_a + \hat{p}_A) + (1-\lambda)(\hat{\Theta}^{K+1}_m + \hat{p}_Z + \hat{z})]$$

mit $\lambda = (\gamma_m p_A \omega_a)/I_m$ und $(1-\lambda) = [(r-1)\ \Theta^{K+1}_m p_Z z]\ /I_m$.

Mit den vorstehenden Gleichungen ist die komparative Statik des Ein-Sektor-Modells beschrieben. Anhand der relativen Änderungen der exogenen Variablen ω_a, β_m, γ_m, Θ^{K+1}_m werden die Auswirkungen von Umverteilungsmaßnahmen auf das Preisgefüge und die Allokation untersucht. Zu diesem Zwecke werden die vorstehenden Gleichungen zu einem Gleichungssystem mit den endogenen Variablen $\hat{y}$, $(\hat{p}_e-\hat{p}_a)$, $\hat{e}$ zusammengefaßt. Bei entsprechender Behandlung der o.a. Gleichungen erhält man in Matrixform

$$(3.40)\qquad \begin{bmatrix} 0 & -d_1 & d_4 \\ 0 & \sigma & 1 \\ 1 & \Theta_e\sigma & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{y} \\ (\hat{p}_e-\hat{p}_a) \\ \hat{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta^{m}_{s,I}[\lambda(\hat{\gamma}_m+\hat{\omega}_a)+(1-\lambda)\hat{\Theta}^{K+1}_m]+\eta^{m}_{s,p_Z}\hat{\beta}_m \\ \hat{\omega}_a \\ \hat{\omega}_a \end{bmatrix}$$

mit $d_1 \equiv \Theta_a\eta^{m}_{s,p_Z} + (\Theta_a - \lambda)\eta^{m}_{s,I}$

$d_4 \equiv r + (r-1)\eta^{m}_{s,p_Z} - \eta^{m}_{s,I}\ (1-\lambda)$

Für den Fall einer linearen Umwelttechnologie gilt dabei $r = \lambda = 1$, womit in diesem Fall $d_4 = 1$ und $d_1 = \Theta_a\eta^{m}_{s,p_Z} - \Theta_e\eta^{m}_{s,I}$ erfüllt ist. Neben den Auswirkungen exogener Parameter-

variationen auf die endogenen Variablen y, p_e/p_a, e interessiert auch die Entwicklung des Preisverhältnisses zwischen dem Konsumgut Umweltqualität und dem Sozialprodukt $p_Z = p_S/p$. Die gleichgewichtige Reaktion des Relativpreises p_Z erhält man unter Berücksichtigung der Resultate aus Gleichungssystem (3.40) über die Beziehung (3.38). Die Resultate aus Gleichungssystem (3.40) sind in der nachstehenden Tabelle 3.1 zusammengefaßt.

In Tabelle 3.1 fällt eine gewisse Symmetrie der Resultate der Zeilen 1 und 2, sowie 3 und 4 auf. Analog zur Zeile 1 der Tabelle 3.1, bei der jeweils die Resultate der Zeile 2 als ein Summand auftreten, werden die jeweiligen Resultate der Zeile 3 in Zeile 4 um einen Zusatzeffekt ergänzt. Liegen lineare Umweltbelastungstechnologien vor, degeneriert dieser Zusatzeffekt, und die Resultate der Zeilen 3 und 4 stimmen überein. Des weiteren unterscheidet sich Zeile 2 nur dadurch von Zeile 3, daß statt der mit dem Faktor λ gewichteten Einkommenselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers jeweils die Preiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers notiert ist. Dies ist so, da eine Verbesserung der Faktorausstattung des Medianwählers an Faktor a auf Kosten des Nicht-Medianwählers zunächst beim Medianwähler einkommenswirksam ist, während die Variation der Anspruchstitel auf Umweltpotential zunächst den Medianwähler mit einem geänderten individuellen Umweltbelastungspreis konfrontiert. Dies erklärt auch die in den Zählern der Brüche in Zeile 4 auftretende Kombination aus Preis - und Einkommenselastizitäten des Medianwählers, denn eine Änderung der Anspruchstitel auf Gewinnzahlungen aus der Umweltproduktion ist für den Medianwähler direkt einkommenswirksam.

Interessant ist neben der Quantifizierung der in Tabelle 3.1 aufgeführten "Ausstattungs- und Verteilungseffekte" die Quantifizierung der Auswirkung der Einschränkung oder Beeinflussung der Entscheidungsposition des Medianwählers. Die Einschränkung

	$\hat{y} / \alpha$	$(\hat{p}_e - \hat{p}_a) / \alpha$	$\hat{e} / \alpha$
$\alpha = \hat{\omega}_a$	$\frac{1}{\Delta}\left[(\lambda\Theta_e\eta^m_{s,I} + \Theta_a d_4)\sigma + d_1\right]$	$\frac{(-1)}{\Delta}\left[\lambda\eta^m_{s,I} - d_4\right]$	$\frac{1}{\Delta}\left[d_1 + \lambda\sigma\eta^m_{s,I}\right]$
$\alpha = \hat{\gamma}_m$	$\frac{1}{\Delta}\lambda\Theta_e\sigma\eta^m_{s,I}$	$\frac{(-1)}{\Delta}\lambda\eta^m_{s,I}$	$\frac{1}{\Delta}\lambda\sigma\eta^m_{s,I}$
$\alpha = \hat{\beta}_m$	$\frac{1}{\Delta}\Theta_e\sigma\eta^m_{s,p_Z}$	$\frac{(-1)}{\Delta}\eta^m_{s,p_Z}$	$\frac{1}{\Delta}\sigma\eta^m_{s,p_Z}$
$\alpha = \hat{\beta}_m$ und $\hat{\Theta}^{K+1}_m = \hat{\beta}_m$	$\frac{1}{\Delta}\Theta_e\sigma\left[\eta^m_{s,p_Z} + (1-\lambda)\eta^m_{s,I}\right]$	$\frac{(-1)}{\Delta}\left[\eta^m_{s,p_Z} + (1-\lambda)\eta^m_{s,I}\right]$	$\frac{\sigma}{\Delta}\left[\eta^m_{s,p_Z} + (1-\lambda)\eta^m_{s,I}\right]$

mit $\Delta \equiv [d_1 + \sigma d_4]$

Tabelle 3.1

der Entscheidungsposition des Medianwählers ist dabei gleichbedeutend damit, daß die "Abstimmungskomponente" des Markt- und Abstimmungsmodells zugunsten der "Marktkomponente" an "allokativer Bedeutung" verliert. Oben wurden die allokativen Effekte diskutiert, die von einer Veränderung der Charakteristik des Medianwählers ausgelöst werden. Festgestellt wurde, daß allokative Effekte bei konstanter Faktorausstattung ω_a nur dann auftreten, wenn direkt die Charakteristik des Medianwählers tangiert wird. Tritt demnach eine Umverteilung der Anspruchstitel in der Ein-Sektor-Ökonomie auf, welche die Anspruchstitel des Medianwählers unangetastet läßt, bleibt das Preisgefüge, das Sozialprodukt sowie der Umweltbelastungszustand konstant. Dies kann auch aus (3.4o) gefolgert werden, wenn $\hat{\omega}_a = \hat{\beta}_m = \hat{\gamma}_m = \hat{\theta}_m^{K+1} = 0$ zugrunde gelegt wird. Dieses Ergebnis verdeutlicht die Position des Medianwählers bei allokativen Problemstellungen. Die Position des Medianwählers bei Allokationsentscheidungen wird offenbar dann beeinflußt oder geschwächt, wenn trotz der Konstanz der Charakteristik des Medianwählers das gleichgewichtige Preissystem, die gleichgewichtige Umweltbelastung und der gleichgewichtige Konsumgüteroutput Änderungen aufweisen können. Dies ist im Ein-Sektor-Modell dann möglich, wenn die Gesamtausstattung der Ökonomie mit Faktor a variiert ($\hat{\omega}_a \neq 0$), die absolute Ausstattung des Medianwählers an Faktor a aber konstant bleibt ($\hat{\omega}_a^m = 0$). Bei einer derartigen Kombination exogener Änderungen bleibt die Charakteristik $[u_m, (\beta_m, \Theta_m, \Theta_m^{K+1}), \omega_a^m]$ des Medianwählers zwar konstant, auf dem Faktormarkt werden allerdings die Faktorpreisrelationen p_e/p_a beeinflußt, was über die Änderung des gesamten Preisgefüges die Position des Medianwählers quasi indirekt tangiert. Die Implikationen dieser über den Faktormarkt laufenden Einschränkung der Entscheidungskompetenz des Medianwählers werden quantifiziert, indem die Resultate der zweiten Zeile der Tabelle 3.1 von den jeweiligen der ersten Zeile subtrahiert werden. Vorzeichenaussagen über die Implikationen der genannten Beeinflußung der Position des Medianwählers sowie der in Tabelle

3.1 direkt aufgeführten Effekte werden in Tabelle 3.2 präsentiert. Zuvor wird jedoch die in Annahme U1 bisher zugrunde gelegte Gestalt der Präferenzen des Medianwählers eingeschränkt durch

Annahme U2:

Umweltbelastungen sind für den Medianwähler ein inferiores Gut, aber kein Giffen-Gut, womit $\eta^m_{s,I} \leqq 0$ und $\eta^m_{s,p_Z} \geqq 0$ gilt.

Bei Zugrundelegung der Annahme U2 folgt $d_4 > 0$. Hinreichende Bedingungen dafür, daß die Determinante Δ positiv ist, werden zusammengefaßt durch

Lemma 3.1:

Gilt Annahme U2, dann ist die Systemdeterminante Δ des Gleichungssystem (3.4o) positiv, wenn gilt

(a) $r = 1$ oder

(b) $\sigma \geqq 1$ oder

(c) $\lambda \geqq \Theta_a$

Beweis:

Folgt unmittelbar aus der Definition von Δ

Q.E.D.

In Bedingung (a) des Lemma 3.1 wird die Linearität der Umwelttechnologie gefordert. Unter dieser Bedingung entspricht das gleichgewichtige Einkommen des Medianwählers vor Umweltbelastungszahlungen dem Wert seiner Ausstattung am Faktor a. Änderung der Preise auf dem Umweltmarkt induzieren damit in diesem Falle keine Änderungen des Gewinneinkommens aus Umweltproduktion. Da in den Bedingungen (b) und (c) des Lemma 3.1 die Linearität

der Umweltbelastungsfunktion nicht gefordert wird, sind die o.a. Rückwirkungen von Preisänderungen auf das Gewinneinkommen hier erfaßt. Allerdings für Bedingung (b) des Lemma 3.1 mit der Einschränkung einer "befriedigenden Substituierbarkeit" im Produktionsverfahren G. In (c) hingegen wird gefordert, daß der Wert des Faktors a am Sozialprodukt (σ_a) nicht größer als der Anteil des Faktors a am Einkommen des Medianwählers ist. In der nachstehenden Tabelle 3.2 sind die allokativen Implikationen exogener Parameteränderungen unter den Bedingungen (a) und (b) von Lemma 3.1 aufgeführt. Da in Tabelle 3.2 die Resultate der Zeilen 4 und 5 für r = 1 identisch sind, werden die Vorzeichen der dort verzeichneten Multiplikatoren in einem gemeinsamen Feld notiert.

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th colspan="2">$\hat{y}/\alpha$</th><th colspan="2">$\hat{e}/\alpha$</th><th colspan="2">$(\hat{p}_e-\hat{p}_a)/\alpha$</th><th colspan="2">$\hat{p}_Z/\alpha$</th></tr>
<tr><th>r=1</th><th>$\sigma \geq 1$</th><th>r=1</th><th>$\sigma \geq 1$</th><th>r=1</th><th>$\sigma \geq 1$</th><th>r=1</th><th>$\sigma \geq 1$</th></tr>
<tr><td>$\alpha = \hat{\omega}_a$</td><td>⊕ für $\sigma \leq 1$
? sonst</td><td>?</td><td>⊕ für $\sigma \leq \theta_e$
? sonst</td><td>?</td><td>⊕</td><td>⊕</td><td>⊕</td><td>⊕</td></tr>
<tr><td>$\alpha = \hat{\gamma}_m$</td><td>⊖</td><td>⊖</td><td>⊖</td><td>⊖</td><td>⊕</td><td>⊕</td><td>⊕</td><td>⊕</td></tr>
<tr><td>$\alpha=\hat{\omega}_a=-\hat{\gamma}_m$</td><td>⊕</td><td>?</td><td>⊕</td><td>?</td><td>⊕</td><td>⊕</td><td>⊕</td><td>?</td></tr>
<tr><td>$\alpha = \hat{\beta}_m$</td><td rowspan="2">⊕</td><td>⊕</td><td rowspan="2">⊕</td><td>⊕</td><td rowspan="2">⊖</td><td>⊖</td><td rowspan="2">⊖</td><td>⊖</td></tr>
<tr><td>$\alpha=\hat{\beta}_m=\hat{\theta}_m^{K+1}$</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td></tr>
</table>

Tabelle 3.2

Die Zeile 1 der Tabelle 3.2 gibt die Änderungsrichtung des Sozialproduktes, der Umweltnutzung zu Produktionsaktivitäten, des Faktorpreisverhältnisses und des Konsumgüterpreisverhältnisses $p_Z = p_S/p$ bei einer Veränderung der Gesamtausstattung der Ökonomie mit Faktor a an. Diese Änderung der Gesamtausstattung ist verteilungsneutral, womit der Anteil des Medianwählers an der Gesamtausstattung ω_a konstant bleibt. Da hier gewissermaßen das Analogon zu der aus der Geldtheorie bekannten Helikoptergeldmengenerhöhung vorliegt, wird die zusätzliche Anfangsausstattung auch Helikopterausstattung genannt. Aus Tabelle 3.2 ist ersichtlich, daß die Helikopterausstattung bei linearer Umwelttechnologie und/oder $\sigma \geqq 1$ das Faktorpreisverhältnis und Güterpreisverhältnis zugunsten der Umwelt verschiebt. Die geänderten Knappheitsverhältnisse bewirken eine Höherbewertung der Umwelt. Ob bei dieser Höherbewertung vermehrt Umweltnutzungen zu Konsum- oder Produktionsaktivitäten nachgefragt werden, kann nicht eindeutig gesagt werden. Jedenfalls ist bei kleiner Substitutionselastizität ($\sigma \leqq \Theta_e \leqq 1$) und linearer Umwelttechnologie eine Erhöhung der Umweltbelastungen zu verzeichnen. Aufgrund der geringen Substitutionselastizität ist in diesem Fall das Faktorpreisverhältnis nicht entsprechend stark gestiegen, um eine zusätzliche Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten zu verhindern. Analog zur Umweltbelastung reagiert das Sozialprodukt auf die Helikopterausstattung.

Eindeutige Vorzeichen liegen bei den Zeilen 2 und 4 der in Tabelle 3.2 erfaßten Effekte vor. Eine Verbesserung der Ausstattung des Medianwählers mit Faktor a auf Kosten des Nicht-Medianwählers impliziert eine Verschiebung der Faktor- und Güterpreisverhältnisse zugunsten der Umwelt sowie eine Reduktion des Sozialprodukts und der Umweltbelastungen. Die allokativen Effekte einer Umverteilung des Umweltpotentials zugunsten des Medianwählers sind genau entgegengesetzt zu diesen Effekten. Die Allokation im Ein-Sektor-Modell ist damit - bei gegebener Faktorausstattung

ω_a - geprägt von der absoluten Ausstattung des Medianwählers an Faktor a und Umweltpotential sowie dessen relativer Faktorreichlichkeit. Als Maß für die relative Faktorreichlichkeit des Medianwählers wird der Quotient $\mu_m \equiv \gamma_m/\beta_m$ gewählt. Die Rückwirkungen alternativer Ausstattungsverteilungen auf die Allokation des Ein-Sektor-Modells - also die allokativen Implikationen verteilungspolitischer Maßnahmen - werden durch die nachstehenden Diagramme wiedergegeben. Die dem Schaubild 3.11 zugrundeliegenden Prämissen sind diejenigen der Tabelle 3.2, wobei von einer konstanten Faktorausstattung $\omega_a = \bar{\omega}_a$ ausgegangen wird.

Über Schaubild 3.11 können der Ausstattung $\bar{\omega}_a$ und dem Parameter β_m bei alternativen Anteilen des Medianwählers an der Ausstattung der Ökonomie mit Faktor a die jeweiligen gleichgewichtigen Faktorpreisverhältnisse p_e/p_a, die gleichgewichtigen Emissionsmengen sowie der dazu korrespondierende Konsumgüteroutput zugeordnet werden. Dies ist durch die gestrichelte Linie für die Werte $\bar{\gamma}_m$, $\bar{e}$, $\bar{y}$ in Schaubild 3.11 verdeutlicht. Im IV. Quadrant des Schaubildes 3.11 gibt dabei der (dort gezeichnete) Ursprungsstrahl für gegebenes $\beta_m = \bar{\beta}_m$ die - unterschiedlichen Werten γ_m zugeordnete - relative Faktorreichlichkeit μ_m an. Wird β_m von $\bar{\beta}_m$ auf $\bar{\bar{\beta}}_m$ erhöht, dreht sich dieser Ursprungsstrahl in der in Abbildung 3.11 skizzierten Weise. Im I. Quadranten des Schaubildes 3.11 ist die Produktionsfunktion G gezeichnet. Die Verbindung zwischen dem Emissionsanfall e und dem Faktorpreisverhältnis ist im Quadrant II des Schaubildes 3.11 hergestellt. Die dort bezeichnete Funktion φ^{-1} ist die Umkehrfunktion einer Funktion φ. Die Funktion φ gibt den Zusammenhang zwischen der Emissionsintensität e/ω_a und dem Faktorpreisverhältnis an, d.h. es gilt hier $(p_e/p_a) = \varphi(e/\omega_a)$. Da nach Annahme G2 die Produktionsfunktion linear-homogen ist, kann in bekannter Weise eine Pro-Kopf Produktionsfunktion

II

I

e

$e = \bar{\omega}_a \, \varphi^{-1}\left(\frac{p_e}{p_a}\right)$

$y = G(\bar{\omega}_a, e)$

$\bar{e}$

$\bar{\bar{e}}$

$\frac{p_e}{p_a}$

$\bar{\gamma}_m$ $\bar{\bar{\gamma}}_m$ γ_m

y

$\bar{\bar{y}}$ $\bar{y}$

$\tilde{\mu}$

$\bar{\mu}_m$

$f(\mu_m, \bar{\bar{\beta}}_m, \bar{\omega}_a)$

$\mu_m = \gamma_m / \bar{\bar{\beta}}_m$

$f(\mu_m, \bar{\beta}_m, \bar{\omega}_a)$

$\mu_m = \gamma_m / \bar{\beta}_m$

μ_m

III

IV

Schaubild 3.11



$$g\left(\frac{e}{\omega_a}\right) = \frac{1}{\omega_a} G\left(1, \frac{e}{\omega_a}\right)$$

definiert werden, womit wegen (3.15), (3.16) die Funktion φ spezifiziert ist durch

$$\varphi\left(\frac{e}{\omega_a}\right) = g'\left(\frac{e}{\omega_a}\right) / \left[g\left(\frac{e}{\omega_a}\right) - \left(\frac{e}{\omega_a}\right) g'\left(\frac{e}{\omega_a}\right)\right]$$

und es gilt $\varphi'(\cdot) = [g''(\cdot)\ g(\cdot)]/[g(\cdot) - (e/\omega_a)\ g'(\cdot)]^2 < 0$. Da φ streng monoton fallend ist, existiert die streng monoton fallende Umkehrfunktion φ^{-1}, weshalb der Zusammenhang $e = \omega_a\ \varphi^{-1}\ (p_e/p_a)$ wie in Quadrant II des Schaubildes 3.11 illustriert werden kann. Der Zusammenhang zwischen dem Faktorpreisverhältnis und der relativen Faktorreichlichkeit μ_m wird für gegebene Gesamtausstattung $\omega_a = \bar{\omega}_a$ und gegebenes $\beta_m = \bar{\beta}_m$ in Quadrant III durch Funktion f hergestellt. Die Funktion f beschreibt die gleichgewichtige Reaktion des Medianwählers auf Änderungen des Parameters γ_m und kann unter Berücksichtigung der übrigen Interdependenzen der Ökonomie aus der Nachfragefunktion des Medianwählers nach Umweltbelastungen (3.3o) deduziert werden. Aus Tabelle 3.2 folgt, daß die Funktion f unter den dort unterstellten Prämissen - bei gegebenem $\omega_a = \bar{\omega}_a$, $\beta_m = \bar{\beta}_m$ - streng monoton steigend in μ_m ist, weshalb der Kurvenverlauf dieser Funktion wie im Quadrant III dargestellt werden kann.

Bisher wurden die Implikationen einer Änderung der Ansprüche des Medianwählers auf die Ausstattung $\omega_a = \bar{\omega}_a$ anhand der Abbildung 3.11 illustriert. Jetzt sollen die Implikationen einer Änderung der absoluten Faktorreichlichkeit bei konstanter relativer Faktorreichlichkeit μ_m in diesem Schaubild verdeutlicht werden. Erhöht sich der Anspruch aus der Nutzung des Umweltpotentials von $\bar{\beta}_m$ auf $\bar{\bar{\beta}}_m$ und steigt $\bar{\gamma}_m$ auf $\bar{\bar{\gamma}}_m$, bleibt die relative Faktorreichlichkeit - wie im Quadrant IV ersichtlich - konstant. Es gilt demnach $\hat{\gamma}_m > 0$ und $\hat{\mu}_m = \hat{\gamma}_m - \hat{\beta}_m = 0$. Da aus

dem Gleichungssystem (3.4o) für r = 1 folgt

$$(\hat{p}_e - \hat{p}_a) = \frac{-1}{\Delta} [\eta^m_{s,I} \hat{\gamma}_m + \eta^m_{s,p_Z} \hat{\beta}_m]$$

ergibt sich im vorliegenden Fall

$$(\hat{p}_e - \hat{p}_a) \gtreqless 0 \Leftrightarrow (-1) \eta^m_{s,I} \gtreqless \eta^m_{s,p_Z}$$

Da im III. Quadranten des Schaubildes 3.11 gilt $f(\bar{\mu}_m , \bar{\bar{\beta}}_m , \bar{\omega}_a) > f(\bar{\mu}_m , \bar{\beta}_m , \bar{\omega}_a)$, verschiebt sich die dort eingezeichnete Kurve infolge der Verbesserung der absoluten Faktorreichlichkeit des Medianwählers nach links, was auf $(-1) \eta^m_{s,I} > \eta^m_{s,p_Z}$ zurückzuführen ist. Wäre $(-1) \eta^m_{s,I} < \eta^m_{s,p_Z}$ gegeben, würde sich in Schaubild 3.11 eine entsprechende Rechtsverschiebung der in Quadrant III eingezeichneten Kurve ergeben. Die allokativen Implikationen einer Erhöhung der absoluten Faktorreichlichkeit des Medianwählers sind in Schaubild 3.11 durch die gepunktet gezeichneten Linien angedeutet.

Ebenso wie die Erhöhung des Parameters $\gamma_m = \bar{\gamma}_m$ kann in Schaubild 3.11 die Implikation einer Erhöhung der Anspruchstitel auf die Erträge aus Umweltnutzungen zu Produktionsaktivitäten von $\bar{\beta}_m$ auf $\bar{\bar{\beta}}_m$ bei $\gamma_m = \bar{\gamma}_m$ und $\omega_a = \bar{\omega}_a$ illustriert werden. Analog zu den Erläuterungen im Falle der Erhöhung der absoluten Faktorreichlichkeit ergibt sich hier die Verschiebung der Kurven im Quadrant III und IV des Schaubildes 3.11. Steigt $\bar{\beta}_m$ auf $\bar{\bar{\beta}}_m$, so sinkt die relative Faktorreichlichkeit bei gegebenem $\bar{\gamma}_m$ auf $\tilde{\mu}_m$. Das Faktorpreisverhältnis steigt, womit der gleichgewichtige Emissionsanfall $\tilde{e}$ zwischen den Werten $\bar{e}$ und $\bar{\bar{e}}$ liegt. (Der Wert $\tilde{e}$ ist im Schaubild 3.11 nicht eingezeichnet)

Sollten die Implikationen einer Helikopterausstattung anhand eines der Abbildung 3.11 ähnlichen Diagramms dargestellt werden,

ergäbe sich bei einer Erhöhung der Ausstattung ω_a neben einer Linksverschiebung der Kurve im III Quadranten des Schaubildes 3.11 eine entsprechende Linksverschiebung der Kurve im Quadrant II sowie eine Rechtsverschiebung der im I. Quadranten dargestellten Produktionsfunktion.

4. DAS ANREIZPROBLEM IN EINER MARKT-UND ABSTIMMUNGSÖKONOMIE

Ein in jüngster Zeit intensiv diskutiertes Problem bei der Bereitstellung öffentlicher Güter ist die unter dem Begriff des Freifahrens bekanntgewordene Schwäche von Allokationsverfahren.[1] In diesem Kapitel wird untersucht, ob es in Analogie zu anderen dezentralen Allokationskonzepten für öffentliche Güter - etwa dem prominent gewordenen Lindahl - Konzept - in Markt-und Abstimmungsökonomien ein Freifahrerproblem gibt. Der Begriff des Freifahrens wird dabei gleichgesetzt mit der Frage der Anreizkompatibilität eines Allokationsverfahrens. In Abschnitt 4.2 werden Prämissen spezifiziert, unter denen der Bowen-Mechanismus das Freifahrerproblem in seiner "anspruchvollsten" Fassung löst. Allerdings zeigt Abschnitt 4.3 anhand einer Replica-Ökonomie mit zwei rein privaten Gütern und Umweltbelastungen, daß der Bowen-Mechanismus im allgemeinen weder anreizkompatibel noch konvergierend anreizkompatibel ist.

4.1 Problemstellung

Ausgangspunkt der Überlegungen bildet die Feststellung, daß das Bowen'sche Allokationskonzept das von Hurwicz (1972) formulierte Kriterium der informationsmäßigen Dezentralisation erfüllt. Ein Allokationsverfahren wird nach Hurwicz als informationsmäßig dezentral bezeichnet, wenn die Primärinformation jedes Akteurs ausschließlich aus der Kenntnis seiner eigenen

---

1) Der "State of the Art" beim Anreizproblem wird - bis zum Jahre 198o - zusammengefaßt in einer Sondernummer des Review of Economic Studies (1979) und einem von Laffont (1979) veröffentlichen Konferenzband. Einführungen zum Anreizproblem geben Pethig (1978) und Windisch (1975),(1981).

Charakteristik besteht und die Kommunikationsmöglichkeiten in diesem Verfahren für jedes Individuum derart beschränkt sind, daß es keinem Akteur möglich ist, über seine Primärinformation hinaus Kenntnis von der gesamten Ökonomie zu gewinnen. Jeder Akteur, ob Konsument oder Produzent, hat demnach die Möglichkeit, sich während eines Tâtonnement-Prozesses zu einem Markt- und Abstimmungs-Gleichgewicht so zu verhalten, als wäre er jemand anders, ohne daß ein solch vorgetäuschtes Verhalten von irgend einem anderen Akteur - etwa einer Kontrollbehörde - entlarvt werden kann. Einen Anreiz für einen Akteur, sich nicht gemäß seiner eigenen, tatsächlichen oder "wahren" Charakteristik zu verhalten, liegt offenbar - vernachlässigt man eine Verbesserung des individuellen Wohlbefindens durch den Akt des Vortäuschens oder Lügens an sich - dann vor, wenn durch solches strategisches Verhalten die Position dieses Akteurs verbessert werden kann. Da ein Allokationsverfahren, das mit einem solchen Mangel behaftet ist, ungenügende Anreize zur wahrheitsgemäßen Mitteilung von Informationen - etwa der Mitteilung der tatsächlichen Zahlungsbereitschaft für ein bestimmtes Gut - bereitstellt, spricht man auch von der Anreiz-un-verträglichkeit (Inkompatibilität) des Allokationsmechanismus. Die Frage, inwieweit die Akteure willens und überhaupt in der Lage sind, diese gegebenen Möglichkeiten der vorteilhaften Manipulation auszunutzen, werden mit dem Konzept der Anreizverträglichkeit nicht beantwortet. [1] Damit läßt dieses Konzept auch keinen Vergleich der Möglichkeit der Ausnutzung der Anreizinkompatibilität verschiedener Allokationsmechanismen zu.

Die Bedeutung des Konzepts der Anreizverträglichkeit von Allokationsmechanismen ist nicht zuletzt darin zu sehen, daß bei mangelnder Anreizverträglichkeit von Allokationsmechanismen bestimmte Eigenschaften dieser Mechanismen, die in der Regel

---

1) Auf diesen Aspekt macht u.a. auch Pethig (1979 a), S.148 aufmerksam.

für die"wahre"oder nicht-manipulierte Ökonomie abgeleitet werden, nicht länger behauptet werden können. Täuscht etwa ein Konsument bei einem Anpassungsprozeß zu einem Lindahl-Gleichgewicht eine andere Zahlungsbereitschaft und damit eine "falsche" Präferenzordnung vor, ist das erzielte Lindahl-Gleichgewicht zwar für die manipulierte Ökonomie paretooptimal, die Paretooptimalität dieses Zustandes für die"wahre"Ökonomie kann aber nicht behauptet werden.Bevor im folgenden die Begriffe der Anreizverträglichkeit und des Allokationsmechanismus präzisiert und formalisiert werden, soll ein zur Einschätzung der Eigenschaften von Allokationsmechanismen wichtiger Unmöglichkeitssatz referiert werden, dessen Gültigkeit von Hurwicz (1972) für Ökonomien mit privaten Gütern und von J. Roberts (1976) für Ökonomien mit öffentlichen Gütern gezeigt wurde.
Dieser Unmöglichkeitssatz besagt, daß es nicht möglich ist, unter dem Postulat der informationsmäßigen Dezentralisation einen Allokationsmechanismus zu entwerfen, der einerseits stets eine paretooptimale Allokation erzeugt, die jeder Akteur gegenüber seiner Erstausstattung vorzieht, und andererseits individuell anreizverträglich in den Sinne ist, daß ein Akteur niemals den Allokationsmechanismus durch falsche Darstellung seiner Präferenzen zur Auswahl einer Allokation bringen kann, die er gegenüber jener vorzieht, welche der Mechanismus bei wahrheitsgemäßer Präferenzdarstellung hervorgebracht hätte.

4.2. Das Anreizproblem in einer Ein-Sektor-Bowen-Ökonomie

In diesem Abschnitt werden nur Ökonomien betrachtet, in denen es zwei Konsumgüter - ein rein privates Konsumgut y und das öffentliche Konsumgut Umweltbelastungen - sowie ein Kuppelprodukt e und einen Faktor a gibt. Der Faktor a wird ausschließlich als Input bei der Produktion des privaten Konsumgutes benutzt und ist in der Menge ω_a als Anfangsausstattung vorhanden. Bei der Produktion des rein privaten Konsumgutes fallen Kuppelprodukte an, deren Abgabe an die Umwelt zu Umweltbelastungen

führt. Damit liegt die in Kapitel 3 ausführlicher kommentierte Modellstruktur vor. Wie bisher bezeichnet ω^i die Erstausstattung des Konsumenten i, in welcher der Faktor a in der Menge ω_a^i und das rein private Konsumgut - im Gegensatz zu Kapitel 3 - in der Menge ω_x^i vorhanden ist. Es werden ausschließlich Bowen - Ökonomien betrachtet, womit jedem der i = 1,..,N Konsumenten neben der Nutzenfunktion u_i ein Parametervektor $\alpha_i \equiv [\beta_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1}, \omega^i]$ zugeordnet ist.[1] Wie in Kapitel 3 bezeichnet G die Produktionsfunktion des Produzenten des rein privaten Gutes und Z die Umweltbelastungsfunktion. Aus diesen Gründen wird - analog zu Kapitel 3 - die Bowen-Ökonomie durch die Menge $E_B = \{ (u_1, \alpha_1), \ldots, (u_N, \alpha_N), G, Z\}$ beschrieben.[2] Die Klasse der zur Debatte stehenden Bowen-Ökonomien wird mit $\mathcal{E}$ bezeichnet. Nach diesen Bemerkungen ist es möglich, den Begriff des Allokationsmechanismus zu präzisieren und formalisieren.

Definition 4.1:

Ein Allokationsmechanismus ist eine Funktion Q über $\mathcal{E}$ definiert als $Q\ (E_B) = [(x^i, s), (y, y_a, y_e), (e, z)]$ mit den Eigenschaften

---

1) Zur Benennung und Interpretation der Parameter $\beta_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1}$ des Vektors α_i vergleiche Abschnitt 3.3 ff.

2) Die Ein-Sektor-Ökonomie des Kapitels 3 wurde angesprochen als $E_B^I = \{[u_i, (\beta_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1}, \gamma_i)], G, Z, \varpi_a\}$. Die obige Bezeichnung E_B differiert hiervon aus folgenden Gründen: (a) Da die nachstehenden Definitionen nicht ausschließlich auf Ein-Sektor-Ökonomien zutreffen sollen, wurde das Superskript I bei E_B vernachlässigt. Falls notwendig, können daher die einzelnen Symbole der Menge E_B entsprechend allgemeiner interpretiert werden. (b) Es erweist sich im vorliegenden Zusammenhang als nützlich, den Ausdruck $[u_i, \alpha_i]_{i=1,..,N}$ in der Form $(u_1, \alpha_1), \ldots, (u_N, \alpha_N)$ zu notieren. (c) In Kapitel 3 bestand die Erstausstattung jedes Konsumenten ausschließlich aus Faktor a.

(a) $(x^i, s) \in R^2_+$ für $i = 1,\dots,N$

(b) $y = G(y_a, y_e)$ und $z = Z(e)$

(c.1) $\Sigma x^i = y + \Sigma\omega^i_x$; $y_a = \Sigma\omega^i_a$; $y_e = e$

(c.2) $s = z$

Ein Allokationsmechanismus ist demnach interpretierbar als Vorschrift, Regel oder institutionelle Einrichtung, mit welcher jeder Ökonomie einer Klasse von Ökonomien eine erreichbare Allokation zugeordnet wird. [1] Die Fähigkeit dieser institutionellen Einrichtung, Anreize zur wahrheitsgemäßen Präferenzaufdeckung zu geben, wird an der Anreizverträglichkeit des Allokationsmechanismus gemessen. Die anspruchsvollste Form der Anreizverträglichkeit liegt dabei vor, wenn es für jedes Individuum die bestmögliche Strategie ist, sich gemäß seiner richtigen oder wahren Charakteristik zu verhalten, unabhängig davon, ob die übrigen Akteure Aufrichtigkeit zeigen. Ist bei einem Allokationsmechanismus unabhängig vom Verhalten der übrigen für jeden Akteur Aufrichtigkeit die beste Anwortstrategie, spricht man von einem individuell nicht-manipulierbaren oder dominant individuell anreizkompatiblen Allokationsmechanismus. Wird dagegen von einem Allokationsmechanismus nur gefordert, daß, bei gegebenem aufrichtigen Verhalten aller übrigen Individuen, für eine beliebige Einzelperson ein Verhalten gemäß der wahren oder richtigen Charakteristik eine beste Antwortstrategie ist, liegt ein individuell anreizkompatibler Allokationsmechanismus vor. Beide Anreizkriterien - das strenge Kriterium der dominanten individuellen Anreizkompatibilität sowie die abgeschwächte Form der individuellen Anreizkompatibilität - werden in Definition 4.2 präzisiert und formalisiert.

---

1) Der Begriff der erreichbaren Allokation wurde in Definition 2.2 geklärt.

Definition 4.2:

Ein Allokationsmechanismus Q heißt dominant individuell anreizkompatibel (bezüglich der Präferenzen), wenn es keine Ökonomie $E'_B \in \mathcal{E}$ derart gibt, daß $u_i(x^{i'},s') > u_i(x^i,s)$ für einen Konsumenten $i \in \{1,...,N\}$ gilt. Dabei gilt

$$E_B = \{(u'_1,\alpha_1),..,(u'_{i-1},\alpha_{i-1}),(u_i,\alpha_i),(u'_{i+1},\alpha_{i+1}),..,(u'_N,\alpha_N),G,Z\}$$

$$E'_B = \{(u'_1,\alpha_1),...,(u'_{i-1},\alpha_{i-1}),(u'_i,\alpha_i),(u'_{i+1},\alpha_{i+1}),...(u'_N,\alpha_N),G,Z\}$$

$$Q(E_B) = [(x^i,s),(y,y_a,y_e),(e,z)]$$

$$Q(E'_B) = [(x^{i'},s'),(y',y'_a,y'_e),(e',z')]$$

$E_B \in \mathcal{E}$ und $u_i \neq u'_i$.

Falls die oben genannte Bedingung lediglich bei $u_i \neq u'_i$ für ein i gilt und $u_j = u'_j$ für jedes j = 1,...,N und $j \neq i$ erfüllt ist, heißt der Allokationsmechanismus Q individuell anreizkompatibel (bezüglich der Präferenzen).[1]

---

1) Neben der Manipulation der Präferenzen kann ein Akteur auch dadurch "strategischen" Einfluß ausüben, daß er die ihm zugeteilte Anfangsausstattung manipuliert. Postlewaite (1979) zeigte für Tauschökonomien mit rein privaten Gütern und kleiner Anzahl von Akteuren die nichtausschließbare Vorteilhaftigkeit der Manipulation der Anfangsausstattung. Empirische Beispiele solcher Manipulationen der Anfangsausstattung sind die in der Europäischen Gemeinschaft bekannt gewordenen Vernichtungs- bzw. 'Denaturierungs'-aktionen von Agrarprodukten oder die in den USA beobachteten Verbrennungsaktionen von Weizen.Die Manipulation über die Anfangsausstattungen ist insbesondere dann von Interesse, wenn bei einem nicht über die Präferenzen manipulierbaren Allokationsmechanismus durch spezifische Einrichtungen - wie etwa dem Minderheitenschutz - der Mechanismus manipulierbar über die Anfangsausstattungen wird. Dies gilt für den Bowen-Mechanismus für Ökonomien, in denen es genau ein privates und ein öffentliches Gut gibt (Dudenhöffer (198o), S.12 ff.). Da in den hier untersuchten Bowen-Ökonomien mit Umweltbelastungen kein derartiger Minderheitenschutz verankert ist, wird die Analyse der individuellen Manipulation von Anfangsausstattungen hier nicht weiter verfolgt.

In Definition 4.2. werden zwei Resultate einander gegenübergestellt: einerseits die unter dem Allokationsverfahren Q der Ökonomie E_B zugeordnete Allokation $Q(E_B)$, zum anderen das Allokationsresultat $Q(E_B')$ der Ökonomie E_B'. Dabei unterscheiden sich die Ökonomien E_B und E_B' ausschließlich durch die Präferenzen des Konsumenten i. Gibt es keine Ökonomie E_B', deren Allokationsergebnis von dem i - gemäß seiner wahren Nutzenfunktion u_i - höher bewertet wird als das Allokationsergebnis der Ökonomie E_B, ist offensichtlich ein Vortäuschen falscher Präferenzen für den i nicht lohnenswert. Ist es hierbei für den i unerheblich, ob alle anderen Akteure falsche Präferenzen vortäuschen - d.h. wird $u_j \neq u_j'$ für $j=1,\ldots,N$ und $j \neq i$ zugelassen -, liegt ein dominant individuell anreizverträglicher Allokationsmechanismus vor. Zahlt sich dagegen Aufrichtigkeit des i nur bei Aufrichtigkeit aller anderen aus - wird $u_j = u_j'$ für $j=1,\ldots,N$ mit $j \neq i$ gefordert -, liegt die schwächere Form der individuellen Anreizverträglichkeit vor. Es fällt dabei auf, daß die beiden Konzepte der Anreizverträglichkeit in Analogie zu den aus der Theorie der nicht-kooperativen Spiele bekannten Lösungskonzepten des Nash-Gleichgewichts und des Dominant Strategie-Gleichgewichts konstruiert sind. Damit ist das Freifahrerproblem in der vorliegenden Abgrenzung interpretierbar als die Frage nach der Existenz eines bestimmten Gleichgewichtspunktes eines nicht-kooperativen (Allokations-) Spiels. Die Strategie eines Spielers besteht aus der Wahl einer Nutzenfunktion, das Spielresultat einer Strategienselektion wird durch die Funktion Q angegeben und individuell durch die wahre Nutzenfunktion u_i jedes Spielers bewertet.

Neben der Anreizverträglichkeit eines Allokationsverfahrens interessiert auch die individuelle Rationalität dieses Verfahrens. Ein Allokationsmechanismus wird individuell rational genannt, wenn sich kein an diesem Verfahren beteiligtes Individuum gegenüber seiner Ausgangsposition verschlechtert. Die Ausgangsposition jedes Akteurs ergibt sich dabei aus der individuellen Bewertung der Erstausstattung dieses Wirtschaftssubjekts. Gemäß der hier verwendeten Symbolik gilt daher

<u>Definition 4.3:</u>

Ein Allokationsmechanismus Q heißt <u>individuell rational</u>, wenn für jede Ökonomie $E_B \in \mathcal{E}$ und $Q\ (E_B) = [(x^i,s),(y,y_a,y_e),(e,z)]$ für jeden Akteur $i = 1,..,N$ die Ungleichung

$$u_i(x^i,s) \geqq u_i(\omega_x^i\ ,0)$$

gilt. Dabei bezeichnet ω_x^i die Erstausstattung des Individuums i an Gut x.

Wie in Definition 4.2 werden beim Begriff der individuellen Rationalität zwei Zustände miteinander verglichen. Jedes Wirtschaftssubjekt i vergleicht seine Position vor Beginn des Allokationsspiels Q - also seinen Ausgangszustand - mit seiner Position am Ende des Allokationsspiels beim Vorliegen des Allokationsergebnisses $Q(E_B)$. Offenbar wird dann ein Individuum einen Allokationsmechanismus befürworten, wenn es seine Position am Ende des Allokationsverfahrens mindestens so hoch bewertet wie im Ausgangszustand. Verliert in diesem Sinne kein Individuum am Allokationsspiel Q, wird Q individuell rational genannt.
Bevor Aussagen bezüglich der Anreizverträglichkeit und individuellen Rationalität des Markt- und Abstimmungsmechanismus abgeleitet werden, wird zunächst überprüft, ob der Markt- und Abstimmungsmechanismus ein Allokationsmechanismus gemäß Definition 4.1 ist.

Wir bezeichnen E_B als wahre oder nicht-manipulierte Bowen-Ökonomie, wenn die wahre Nutzenfunktion u_i jedes Konsumenten $i = 1,...,N$ der Annahme C genügt, die Umweltbelastungsfunktion Z der Annahme B genügt und die Produktionsfunktion G - außer der Differenzierbarkeit - der Annahme G1 genügt. Nach Satz 3.1 existiert für die wahre Ökonomie E_B ein Bowen-Gleichgewicht. Die Allokation der Ökonomie E_B im Bowen-Gleichgewicht wird als $Q_B\ (E_B) = [(x^i,s),(y_a,y_e,y),(e,z)]$ bezeichnet.Da eine notwendige Bedingung für ein Bowen-Gleichgewicht die Erreichbarkeit der gleichgewichtigen Allokation $Q_B\ (E_B)$ ist, gibt es für jede

wahre Ökonomie E_B eine Bowen-Allokation Q_B (E_B), welche die Kriterien (a), (b), (c.1), (c.2) der Definition 4.1 erfüllt. Damit ist die Funktion Q_B über der Menge der wahren Ökonomien ein Allokationsmechanismus. Im Falle multipler Bowen-Gleichgewichte - der etwa auftreten kann, wenn die Anzahl der Konsumenten N eine gerade Zahl ist - wird die Funktion Q_B derart konstruiert, daß die Bedingung (d) der Definition 2.3 spezifiziert wird durch $s = F(\text{median}(s^1,\ldots,s^N))$. Dabei bezeichnet jetzt s^i die individuelle Umweltbelastungsnachfrage des $i = 1,\ldots,N$ beim gleichgewichtigen Preissystem.[1] Durch die Funktion F wird dabei genau ein Element der - möglicherweise mehrelementigen - Menge median $(s^1,\ldots,s^N)$ selektiert. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn F festgelegt wird als $F(\text{median}(s^1,\ldots,s^N)) = \max\,[\text{median}(s^1,\ldots,s^N)]$. Wählt man jetzt die Klasse $\mathcal{E}$ von Bowen-Ökonomien so, daß für jede Ökonomie $E_B \in \mathcal{E}$ ein Bowen-Gleichgewicht existiert, ist die Funktion Q_B über $\mathcal{E}$ ein Allokationsmechanismus, wenn Q_B (E_B) eine Bowen-Gleichgewichtsallokation ist.

Hinsichtlich der Anreizverträglichkeit des Bowen-Mechanismus kann deduziert werden.

<u>Satz 4.1:</u>

Wenn $\beta_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \gamma_i$ mit $\gamma_i = \omega_a^i / \omega_a$ für $i = 1,\ldots,N$ gilt und die Produktionsfunktion G in beiden Argumentvariablen nicht monoton fallend ist, ist der Bowen-Mechanismus dominant individuell anreizkompatibel (bezüglich der Präferenzen).

<u>Beweis:</u>

Der Beweis des Satzes ist in 3 Teile zerlegt. Im Teil (i) wird gezeigt, daß die über den individuellen Transformationskurven

---

1) M.a.W. s^i ist hier der - dem gleichgewichtigen Preissystem zugeordnete - Bildpunkt der in Abschnitt 2.4.1 definierten individuellen Umweltbelastungsnachfragefunktion σ_i

definierten indirekten Nutzenfunktionen w_i streng quasi-konkav sind. Im Teil (ii) wird gezeigt, daß der Median der Umweltbelastungsnachfragen, welche die indirekte Nutzenfunktionen w_i maximieren, die Umweltbelastungsnachfrage im Bowen-Gleichgewicht ist. Aus diesen Resultaten wird im Teil (iii) die Behauptung der dominanten Anreizverträglichkeit deduziert.

(i) Die indirekten Nutzenfunktionen w_i, definiert als $w_i(z) = u_i(f_i(z),z)$, sind streng quasi-konkav.

Die Budgetrestriktion jedes Konsumenten lautet

$$p_x x^i - \beta_i p_s s^i \leqq p_a \omega_a^i + p_x \omega_x^i + \Theta_i \pi + \Theta_i^{K+1} \pi_{K+1}$$

Da die Parameter $\beta_i, \Theta_i, \Theta_i^{K+1}, \omega_a^i, \omega_x^i$ für jeden Konsumenten in jeder Ökonomie der Klasse $\mathcal{E}$ fest vorgegebene Daten sind, folgt wegen $\beta_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \gamma_i$ nach Definition 3.2 für die individuelle Transformationskurve des Konsumenten i

$$x^i \leqq \beta_i y + \omega_x^i$$

Diese Ungleichung beschreibt die für den Konsumenten i in der Klasse $\mathcal{E}$ von Ökonomien erreichbaren Konsummengen des privaten Gutes. Unter Berücksichtigung der Produktionsfunktion G und der Umweltbelastungsfunktion Z kann die obige Ungleichung - analog zu (3.21) - geschrieben werden als

$$x^i \leqq \beta_i \; G(\omega_a, Z^{-1}(z)) + \omega_x^i \equiv f_i(z)$$

Der Graph der individuellen Transformationskurve f_i gibt dabei - wie in Abschnitt 3.5 näher erläutert - die Menge erreichbarer Konsumkombinationen (x^i,z) für Konsument i in der Klasse $\mathcal{E}$ von Ökonomien an. Da Z^{-1}, die Inverse der Umweltbelastungsfunktion Z, monoton steigend und konkav, außerdem die Produktionsfunktion G konkav und monoton steigend ist, erhält man aus den in Abschnitt 3.2 genannten Gründen die Konkavität der Funktion f_i. Da die Nutzenfunktionen u_i streng

quasi-konkav sind, folgt die strenge Quasi-Konkavität der indirekten Nutzenfunktion w_i.

(ii) Für die gleichgewichtige Umweltbelastung $\bar{z}$ gilt
$\bar{z} = \text{median}\,(z_1,..,z_N)$ mit $W_i(z_i) = \max w_i(z)$

Bezeichne $[Q_B(E_B), q(E_B)]$ das Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B mit dem gleichgewichtigen Preissystem $q(E_B) = [\bar{p}_x, \bar{p}_a, \bar{p}_e, \bar{p}_s]$ und der gleichgewichtigen Allokation $Q_B(E_B) = [(\bar{x}^i, \bar{s}), (\bar{y}, \bar{y}_a, \bar{y}_e), (\bar{e}, \bar{z})]$. Die Budgetrestriktion jedes Konsumenten beim Preissystem $q(E_B)$ lautet dann

$$\bar{p}_x x^i - \beta_i \bar{p}_s s^i \leqq \bar{p}_a \omega_a^i + \bar{p}_x\, \omega_x^i + \Theta_i \pi(q(E_B)) + \Theta_i^{K+1} \pi_{K+1}(q(E_B))$$

Erneut kann wegen $\beta_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \gamma_i$ unter Berücksichtigung der Gewinndefinitionen diese Budgetrestriktion umgeformt werden. Unter Beachtung der Nichtsättigungsannahme kann das Ungleichheitszeichen vernachlässigt werden, und es folgt für $s^i = z$

$$x^i = \omega_x^i + \beta_i \bar{y} - \beta_i \frac{\bar{p}_s}{\bar{p}_x} \bar{z} + \beta_i \frac{\bar{p}_s}{\bar{p}_x} z \equiv F_i(z)$$

Diese beim gleichgewichtigen Preissystem $q(E_B)$ gegebene Budgetrestriktion F_i ist eine lineare Funktion.

Im Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B tangiert die Budgetgerade F_i jedes Konsumenten dessen individuelle Transformationskurve f_i. Es gilt daher $F_i(z) \geqq f_i(z)$ mit $F_i(\bar{z}) = f_i(\bar{z})$ für $i = 1,\ldots,N$. Diese Behauptung kann wie folgt bewiesen werden: Sei für $z = \tilde{z}$ unterstellt, daß $f_i\ (\tilde{z}) > F_i(\tilde{z})$ gilt. Wegen der Definition der Funktionen f_i, F_i kann dies umgeformt werden zu

$$\bar{p}_x \tilde{y} > \bar{p}_x \bar{y} - \bar{p}_s \bar{z} + \bar{p}_s \tilde{z} \qquad \text{bzw.}$$

$$\bar{p}_x \tilde{y} - \bar{p}_a \omega_a - \bar{p}_e \tilde{e} + \bar{p}_e \tilde{e} - \bar{p}_s \tilde{z} > \bar{p}_x \bar{y} - \bar{p}_a \omega_a - \bar{p}_e \bar{e} + \bar{p}_e \bar{e} - \bar{p}_s \bar{z}$$

mit $\bar{p}_x \bar{y} - \bar{p}_a \omega_a - \bar{p}_e \bar{e} = \pi(q(E_B))$ und $\bar{p}_e \bar{e} - \bar{p}_s \bar{z} = \pi^{K+1}(q(E_B))$.

Diese Ungleichung steht aber im Widerspruch dazu, daß die Produktionspläne $(\bar{y},\bar{y}_a,\bar{y}_e),(\bar{e},\bar{z})$ im Bowen-Gleichgewicht gewinnmaximal sind.

Definiert man jetzt die indirekte Nutzenfunktion v_i durch $v_i(z) = u_i(F_i(z),z)$, folgt wegen $F_i(z) \geqq f_i(z)$ auch

$$(4.1) \quad v_i(z) \geqq w_i(z) \quad \text{mit} \quad v_i(\bar{z}) = w_i(\bar{z})$$

Da F_i eine konkave Funktion ist und die Nutzenfunktion u_i streng quasi-konkav ist, ist auch die indirekte Nutzenfunktion v_i streng quasi-konkav. Bezeichnet $\bar{z}_i$ die beim Preissystem $q(E_B)$ vom Konsumenten i nachgefragte Umweltbelastung, gilt $v_i(\bar{z}_i) = \max v_i(z)$, und wegen der Definition des Bowen-Gleichgewichts gilt [1)]

$$\bar{z} = \text{median } (\bar{z}_1,\ldots, \bar{z}_N)$$

Die bisher vorgetragenen Argumente können an den nachstehenden Schaubildern 4.1 a und 4.1 b verdeutlicht werden. Dabei ist in Schaubild 4.1 a die Situation des Medianwählers - der im Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B als Konsument m identifiziert wird - dargestellt. Schaubild 4.1 b illustriert die Situation eines Konsumenten i, dessen Umweltbelastungsvorschlag $\bar{z}_i$ bei der Abstimmung im Bowen-Gleichgewicht über demjenigen des Medianwählers liegt. Da der Medianwähler als Konsument m identifiziert ist, gilt $\bar{z}_m = \bar{z}$ womit aber wegen (4.1) auch $\bar{z} = z_m$ mit $w_m(z_m) = \max w_m(z)$ gilt. Daher tangiert im oberen Teil des Schaubildes 4.1 a die dort gezeichnete Indifferenzkurve die individuelle Transformationskurve im Punkt $(\bar{x}^m,\bar{z})$. Für den unteren Teil des Schaubildes 4.1 a im-

---

1) Für den Fall, daß $\text{median}(\bar{z}_1,\ldots,\bar{z}_N)$ eine mehrelementige Menge ist - was etwa bei gerader Konsumentenzahl gegeben sein kann - wird der Begriff des Bowen-Gleichgewichts - wie bereits betont - etwa durch die Vorschrift $\max[\text{median}(\bar{z}_1,\ldots,\bar{z}_N)] = \bar{z}$ erweitert.

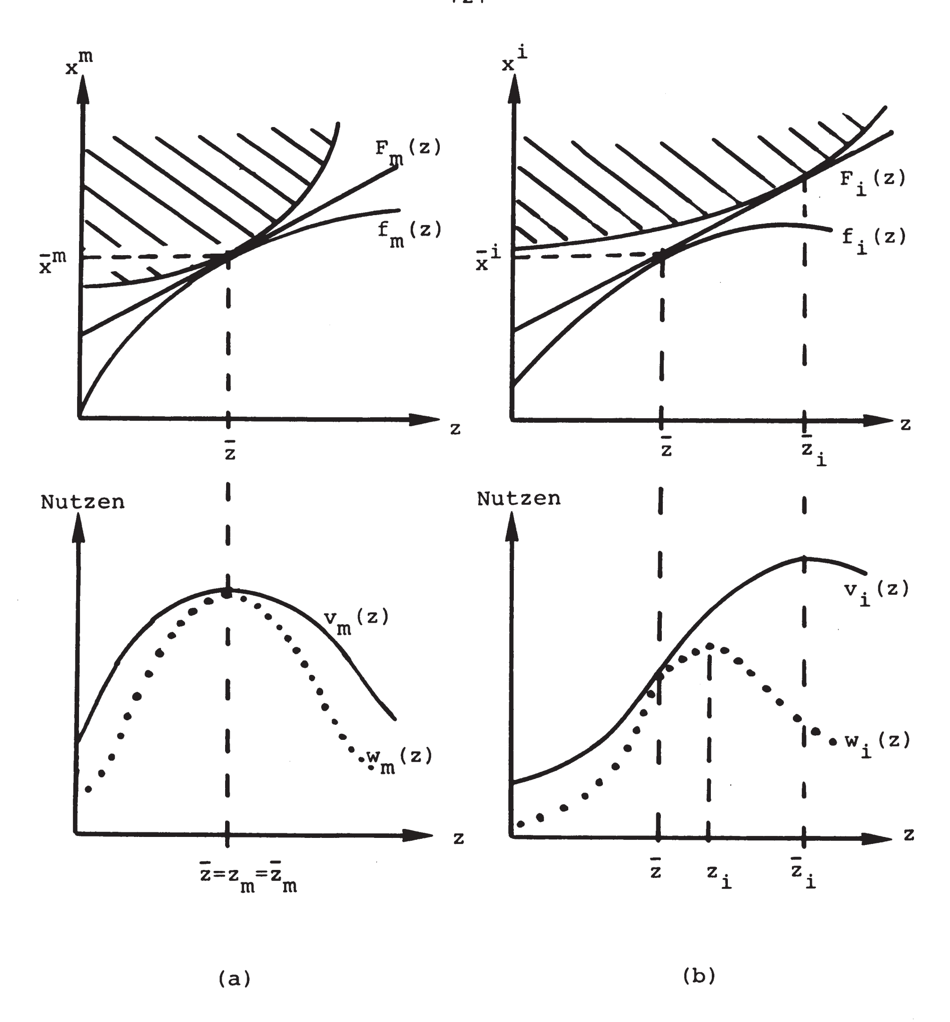


Schaubild 4.1

pliziert dies, daß sich die beiden Nutzenfunktionen w_m und v_m in ihrem Maximum tangieren.

Wir betrachten einen Konsumenten i, für den $\bar{z}_i > \bar{z}$ gilt. Da die indirekte Nutzenfunktion v_i quasi-konkav ist, gilt für diesen Wähler auch $v_i(\tilde{z}) \leqq v_i(\bar{z}) \leqq v_i(\bar{z}_i)$ für jedes $\tilde{z} \leqq \bar{z}$. Wegen (4.1) ist dann auch $w_i(\tilde{z}) \leqq w_i(\bar{z})$ für jedes $\tilde{z} \leqq \bar{z}$ erfüllt. Daher gilt $z_i \geqq \bar{z}$ mit $w_i(z_i) = \max w_i(z)$. Dieser Fall ist in dem Schaubild 4.1 b dargestellt.

Analog zum eben Gesagten folgt für jeden Konsumenten mit $\bar{z}_i < \bar{z}$ auch $z_i \leqq \bar{z}$. Damit ist aber

$$\bar{z} = \text{median}(z_1,\dots,z_N) \quad \text{mit } w_i(z_i) = \max w_i(z)$$

erfüllt.

(iii) Nach diesen Ausführungen zeigt man die dominante individuelle Anreizkompatibilität des Bowen-Mechanismus wie folgt: Bezeichne $[(\bar{x}^i,\bar{s}),(\bar{y},\bar{y}_a,\bar{y}_e),(\bar{e},\bar{z})] = Q_B(E_B)$ die gleichgewichtige Bowen-Allokation der "wahren" Ökonomie $E_B \in \mathcal{E}$ und $[(\bar{x}^{i\prime},\bar{s}'),(\bar{y}',\bar{y}_a',\bar{y}_e'),(\bar{e}',\bar{z}')] = Q_B(E_B')$ eine Gleichgewichtsallokation einer beliebigen Ökonomie $E_B' \in \mathcal{E}$, die sich von Ökonomie E_B nur dadurch unterscheidet, daß $u_i \neq u_i'$ für einen Konsumenten i gilt. Wegen dem oben Gesagten gilt dabei $\bar{z} = \text{median}(z_1,\dots z_N)$ und $\bar{z}' = \text{median}(z_1',\dots,z_N')$ mit $w_i(z_i) = \max w_i(z)$ und $w_i'(z_i') \equiv u_i'[f_i(z_i'),z_i'] = \max w_i'(z)$

Ist i der Medianwähler im Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B, gilt $z_i = \bar{z}$, und $\bar{z}$ maximiert die Funktion w_i. Der Medianwähler kann daher durch Mißrepräsentation seiner Präferenzen seine Position nicht verbessern.

Ist die Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten i im Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B geringer als diejenige des Medianwählers, gilt $z_i < \bar{z}$. Für jede Ökonomie $E_B' \in \mathcal{E}$ mit der Bowen-Allokation $Q_B(E_B')$ und $z_i' < \bar{z}$ folgt dann $\bar{z}' = \bar{z}$. Dies impliziert aber $w_i(\bar{z}) \geqq w_i(\bar{z}')$.

Gilt $z_i < \bar{z}$, folgt für jede Ökonomie $E_B' \in \mathcal{E}$ mit der gleichgewichtigen Bowen-Allokation $Q_B(E_B')$ und $z_i' > \bar{z}$ auch $\bar{z}' \geqq \bar{z}$, was wegen der Quasi-Konkavität der Funktion w_i erneut $w_i(\bar{z}) \geqq w_i(\bar{z}')$ impliziert.

Q.E.D.

Die im Teil(iii) des vorstehenden Beweises gezeigte fehlende Vorteilhaftigkeit des Lügens bei quasi-konkaven indirekten Nutzenfunktionen w_i kann für den Fall dreier Konsumenten anhand der nachstehenden Abbildung verdeutlicht werden.

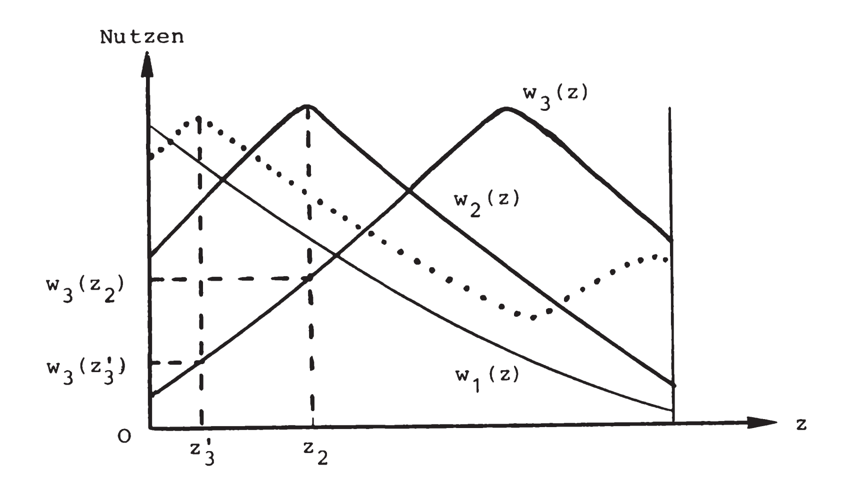


Schaubild 4.2

Besitzt jeder Konsument die in Schaubild 4.2 dargestellte indirekte Nutzenfunktion, liegt im Bowen-Gleichgewicht die Umweltbelastung z_2 vor, und Konsument 2 ist der Medianwähler. Der Konsument 3 "manipuliert" das Bowen-Gleichgewicht, indem er über einen gesamten Anpassungsprozeß zu einem Bowen-Gleichgewicht vorgibt, eine der in Abbildung 4.2 gepunktet gezeichneten Kurve zugeordnete Präferenzstruktur zu besitzen. Durch diese Manipulation wird Konsument 3 zwar zum Medianwähler, verschlechtert allerdings wegen $w_3(z_2) > w_3(z_3')$ seine Position.

Unmittelbar aus Schaubild 4.2 ist auch die fehlende individuelle Rationalität des Markt- und Abstimmungsmechanismus erkennbar. Geht man davon aus, daß eine Produktion des Konsumgutes y ohne Anfall von Emissionen nicht möglich ist, der Umweltbelastungszustand $z = 0$ nur ohne Emissionsanfall realisierbar ist, besteht der erreichbare Konsum jedes Konsumenten am privaten Konsumgut bei dem Umweltbelastungszustand $z = 0$ aus dessen Erstausstattung an diesem Gut. [1] Dies ist etwa bei den im Schaubild 4.3 dargestellten Zusammenhängen der Fall.

Im I. Quadranten des Schaubildes 4.3 ist dabei die individuelle Transformationskurve eines Konsumenten i eingezeichnet, die bei $\beta_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \gamma_i$ aus dem in den Quadranten III und IV eingezeichneten Produktions- bzw. Umweltbelastungstechnologien ableitbar ist. Unterstellt man ein entsprechendes Indifferenzkurvensystem, kann der in Schaubild 4.2 dargestellte Kurvenverlauf der indirekten Nutzenfunktion des Konsumenten 1

---

1) Eine dem Schaubild 4.3 ähnliche Grafik ist Schaubild 3.6 (S.79). Im Gegensatz zu Schaubild 3.6 wird hier von einer positiven Erstausstattung ω_x^i und einem Produktionsprozeß G ausgegangen, bei dem positive Outputmengen y nur bei positivem Emissionsanfall realisierbar sind. Ohne nennenswerte inhaltliche Änderung der nachfolgenden Resultate kann in Schaubild 4.3 - analog zu Schaubild 3.6 - ein positiver Achsenabschnitt der im III. Quadranten gezeichneten Kurve unterstellt werden.

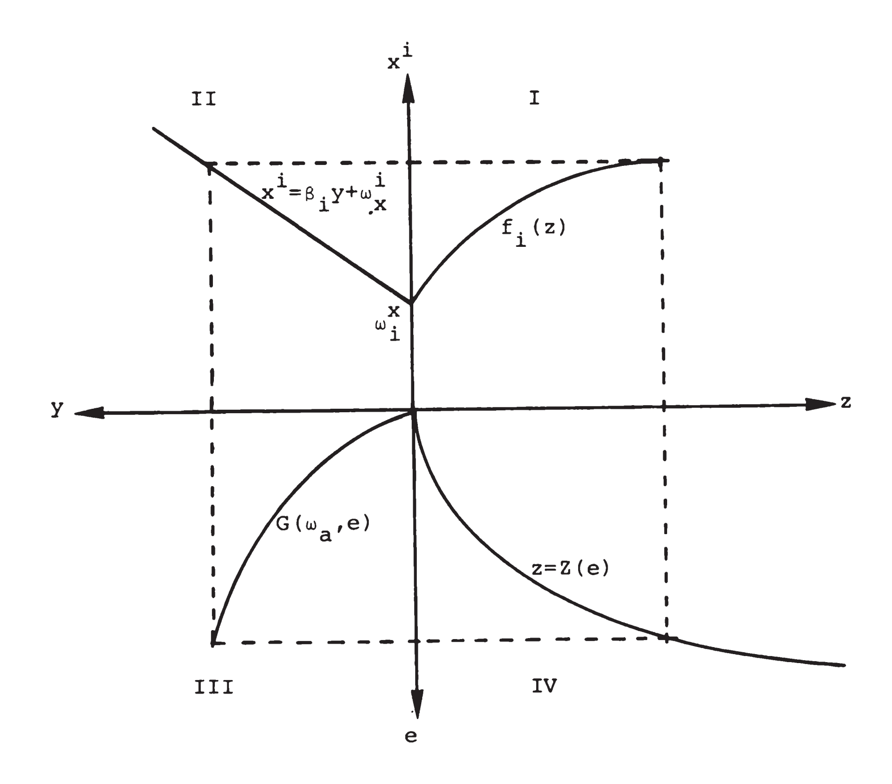


Schaubild 4.3

deduziert werden. Daher gilt für diesen Fall $u_1(\omega_x^i,0) = w_1(0) > w_1(z)$, falls $z > 0$, womit gezeigt ist, daß der Bowen-Mechanismus nicht individuell rational ist.

Bei der bisherigen Analyse konnte gezeigt werden, daß bei der Gleichheit der Anteile $\beta_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \gamma_i$ der Bowen-Mechanismus das Freifahrerproblem in seiner "anspruchsvollsten" Fassung löst. Das Verhalten als Mengenanpasser gemäß der tatsächlichen Charakteristik ist demnach in einer derartigen Ökonomie für jeden Akteur die bestmögliche Strategie. Diese ausgezeichnete Eigenschaft des Bowen-Mechanismus geht allerdings

verloren, wenn $\beta_i = \Theta_i = \Theta_i^{K+1} = \gamma_i$ nicht erfüllt ist. Obwohl in derartigen Fällen - wie im Abschnitt 3.5 gezeigt wurde - konkave individuelle Transformationskurven $f_i(z)$ und somit streng quasi-konkave indirekte Nutzenfunktionen w_i gegeben sein können, ist der Bowen-Mechanismus hier nicht individuell-anreizverträglich. Dies ist so, da jetzt nicht länger gewährleistet ist, daß die Budgetgerade des Medianwählers im Bowen-Gleichgewicht die individuelle Transformationskurve tangiert. Vielmehr kann jetzt der in Abschnitt 3.5.2 Schaubild 3.10 dargestellte Fall auftreten. Damit ist es aber für den Medianwähler durch Lügen möglich, seine Position zu verbessern.

Im folgenden wird die Möglichkeit des Medianwählers, durch Lügen eine Verbesserung der eigenen Position zu erreichen, in einem Zwei-Sektor-Modell demonstriert. [1] Gezeigt werden kann, daß es vorteilhaft für den Medianwähler ist, bei der Abstimmung über die Umweltbelastung falsche Plangrößen mitzuteilen. Die Mitteilung dieser falschen Plangrößen bewirkt dabei auf den Gütermärkten eine entsprechende Beeinflußung des Preisgefüges. Anhand des Zwei-Sektor-Modells wird zusätzlich gezeigt, daß der Anreiz zur Präferenzmanipulation in Ökonomien mit großer Teilnehmerzahl nicht zurückgeht.

4.3 Das Anreizproblem in einer Bowen-Ökonomie mit n-privaten Gütern und Umweltbelastungen

Wir gehen von einer Klasse $\mathcal{E}_k$ von Bowen-Ökonomien aus. Eine Bowen-Ökonomie E_k aus der Klasse $\mathcal{E}_k$ wird beschrieben durch

---

1) Im Unterschied zum Zwei-Sektor-Modell des Kapitel 5 wird im nachstehenden Abschnitt 4.3 von einer Zwei-Sektor-Ökonomie ausgegangen, in der nur eines der beiden privaten Konsumgüter - das Konsumgut 1 - produziert werden kann. Das Konsumgut 2 ist ausschließlich als Erstausstattung vorhanden.

$$E_k = \{(T_i^1)_{i=1,..,k},\ T_{k+1}^2,\ (T_i^3)_{i=k+2,..,2k+1},\ G^k, Z\}$$

Wie bisher bezeichnet Z die - für beliebiges k - gegebene Umweltbelastungsfunktion und G^k die Produktionsfunktion in Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$. In jeder Ökonomie E_k der Klasse $\mathcal{E}_k$ gibt es zwei rein private Konsumgüter, das Konsumgut 1 und das Konsumgut 2. Das Konsumgut 1 kann mit dem Produktionsverfahren G^k hergestellt werden, und das Konsumgut 2 ist ausschließlich als Erstausstattung vorhanden. Ferner gibt es in jeder Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$ genau (2k+1)-Konsumenten, wovon jeweils k-Konsumenten von Typ 1 und 3 sind. Die Charakteristik T_i^j eines Konsumenten i des Typs j wird definiert als [1)]

$$T_i^j = (u_i, \omega^i, \beta_i)$$

Jeder Konsument besitzt eine Erstausstattung von einer Mengeneinheit eines Faktor a und einer Mengeneinheit des Konsumgutes 2, womit $\omega^i \equiv (\omega_a^i, \omega_1^i, \omega_2^i) = (1,o,1)$ für i = 1,..,2k+1 gilt. Die individuellen Umweltbelastungspreise sind für alle Konsumenten gleich, was $\beta_i = 1/(2k+1)$ für i = 1,...,2k+1 impliziert. Ferner verfügt jede Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$ über keine Anfangsausstattung an Umweltbelastungen. Die Präferenzen jedes Konsumenten einer Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$ seien durch Nutzenfunktionen des Cobb-Douglas Funktionstyps abbildbar, womit gilt

$$u_i(x_1^i, x_2^i, s^i) = (x_1^i)^{a_i}\,(x_2^i)^{b_i}\,(1-s^i)^{c_i} \quad \text{(4.2i)}$$

mit $a_i+b_i+c_i=1$ und $0<a_i,b_i,c_i<1$ für i=1,...,2k+1

1) Da in diesem Abschnitt ausschließlich linear-homogene Produktionsfunktionen und Umweltbelastungsfunktionen unterstellt sind, werden Gewinnanteilsrechte der Konsumenten nicht explizit genannt.

Dabei bezeichnet x_j^i den Konsum des Konsumenten i an Gut j = 1,2 und s^i den Konsum des i an Umweltbelastungen.

In jeder Ökonomie der Klasse $\mathcal{E}_k$ kann unter Einsatz der Menge y_a des - nicht direkt zu Konsumzwecken verwendbaren - Faktors a die Menge y des Konsumgutes 1 produziert werden. Dabei gilt der lineare Zusammenhang

$$(4.3) \qquad y = 2\, y_a$$

Bei diesem Produktionsprozeß fallen Mengen y_e des nicht weiter verwendbaren Kuppelprodukts e an.

$$(4.4) \qquad y_e = \frac{1}{(2k+1)}\, y_a$$

Das Kuppelprodukt e kann direkt an das Umweltmedium der Ökonomie abgegeben werden oder durch Einsatz des Faktors a beseitigt werden.

$$(4.5) \qquad y_e^b = \frac{1}{(2k+1)}\, y_a^b$$

Dabei bezeichnet y_a^b die in der Entsorgung eingesetzte Menge des Faktors a und y_e^b gibt die beseitigte Menge des Kuppelprodukts an. Die nicht beseitigten Kuppelprodukte werden an die Umwelt abgegeben, womit die (Netto-) Emissionen bestimmt sind als

$$(4.6) \qquad e = y_e - y_e^b$$

Wird weiterhin unterstellt, daß Umweltbelastungen den Emissionen entsprechen und die gesamte Faktorausstattung im beschriebenen Produktionsprozeß eingesetzt wird, gilt

$$(4.7) \qquad \Sigma\, \omega_a^i = y_a + y_a^b \qquad \text{und} \qquad s = e$$

und wegen $\omega_a^i = 1$ für $i = 1,\dots,2k+1$ erhält man die (Netto-) Transformationskurve in Pro-Kopf-Werten des Konsumgutes 1 als

$$(4.8) \qquad \frac{y}{(2k+1)} = 1 + s \quad \text{mit} \quad 0 \leqq s \leqq 1$$

Aus (4.8) wird deutlich, daß sich die Transformationskurven in Pro-Kopf-Werten des Konsumgutes 1 zweier Ökonomien E_k und $E_{k'}$ mit unterschiedlicher Anzahl an Konsumenten $[(2k+1) \neq (2k'+1)]$ nicht unterscheiden. Der Grund hierfür liegt bei den in der Kuppelproduktion (4.4) sowie der Entsorgungstechnologie (4.5), unterstellten "Crowding" - Effekten. [1] Mit steigender Konsumentenzahl wird aufgrund dieser Effekte ein günstigerer Kuppelproduktionsprozeß und ungünstigerer Entsorgungsproduktionsprozeß realisiert. Werden derartige Crowding-Effekte nicht unterstellt, ergibt sich für große Ökonomien $[(2k+1) \to \infty]$ ein Überlebensproblem der Konsumenten, wenn davon ausgegangen wird, daß eine Mindestmenge des Gutes 1 und eine endliche Umweltbelastung für jeden Konsumenten essentiell sind. Dies kann wie folgt verdeutlicht werden: Gehen wir davon aus, daß der Überlebenskonsum an Gut 1 für jeden Konsumenten $(1+\varepsilon)$-Mengeneinheiten beträgt und bei Umweltbelastungen $s > \bar{s}$ ein Überleben unmöglich wird. Ferner sei im Gegensatz zu den Kuppelproduktions- und Entsorgungstechnologien in (4.4), (4.5) jetzt für die Kuppelproduktion $y_e = y_a$ und die Entsorgung $y_e^b = y_a^b$ unterstellt. Für diese Modifikation der Technologie erhält man die Transformationskurve

$$\frac{y}{(2k+1)} = 1 + \frac{1}{(2k+1)} s$$

Der bisher beschriebene Sachverhalt kann durch Schaubild 4.4 wiedergegeben werden.

---

1) In aller Regel wird mit Crowding das Phänomen bezeichnet, daß mit steigender Bevölkerungszahl eine Verschlechterung der Qualität eines öffentlichen Gutes einhergeht [Vgl. hierzu u.a. Dudenhöffer und Gebauer (1982), S.97 ff]. Nach diesem Sprachgebrauch wären die o.a. Effekte als eine Art "negatives" Crowding zu interpretieren.

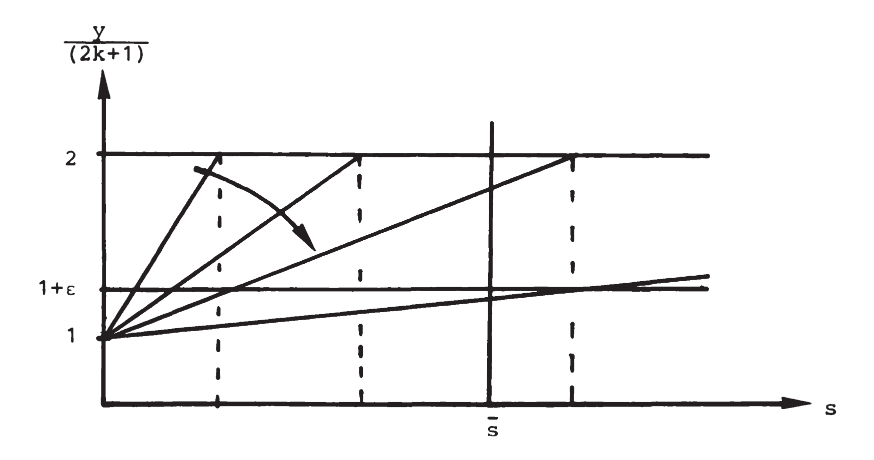


Schaubild 4.4

Da davon ausgegangen wird, daß im Umweltbereich das Nicht-Ausschlußprinzip in seiner strengen Form gilt, beschreibt s in Schaubild 4.4 den Pro-Kopf-Konsum an Umweltbelastungen. Da Gut 1 ein rein privates Gut ist, gilt das Ausschlußprinzip, weshalb $[y/(2k+1)]$ den Pro-Kopf-Konsum an Gut 1 beschreibt. Man erkennt aus Schaubild 4.4, daß sich bei wachsender Bevölkerungszahl die Transformationskurve um den Punkt $[y/(2k+1),s] = [1,0]$ nach rechts dreht. Damit existiert aber bei hinreichend großer Bevölkerungszahl für keinen Konsumenten eine Möglichkeit zum Überleben, oder m.a.W. ab einer bestimmten Größe "verschwindet" das Allokationsproblem.

Das eben skizzierte Überlebensproblem korrespondiert zu dem in der Theorie reiner öffentlicher Güter vorliegenden Problem der Beschränkung der Menge erreichbarer Allokationen in großen Ökonomien. Geht man davon aus, daß in einer Ökonomie mit reinen öffentlichen Gütern keine Crowding-Effekte vorliegen, wächst in einer Replica-Ökonomie mit steigender Faktorausstattung die erreichbare (produzierbare) Menge des öffentlichen Gutes. Im Gegen-

satz zu Ökonomien mit privaten Gütern wächst aufgrund der Nicht-Rivalität des Konsums bei steigender Konsumentenzahl auch die Pro-Kopf erreichbare (produzierbare) Konsummenge des öffentlichen Gutes. Da wegen des Fehlens von Crowding-Effekte keine obere Schranke der erreichbaren Pro-Kopf-Konsummenge im Extremfall der großen Ökonomie existiert, wird damit auch jedes Knappheitsproblem gegenstandslos. In ähnlicher Weise impliziert im vorliegenden Modell die Nicht-Berücksichtigung von Crowding-Effekten mangelnde Überlebenschancen für Konsumenten in großen Ökonomien oder die Formulierung eines wenig sinnvollen ökonomischen Problems.

Mit den Beziehungen (4.3) bis (4.7) ist der Produktionssektor der Ökonomie E_k bei Vollbeschäftigung des Faktors a vollständig beschrieben. In jeder Ökonomie E_k der Klasse $\mathcal{E}_k$ gibt es einen Produzenten, der über die eben genannte Technologie verfügt. Der Produzent sei Gewinnmaximierer bei Mengenanpassung. Wegen der Linearität der Technologien sind daher die Preise für Faktor a, Gut 1, Emissionen und Umweltbelastungen von der Angebotsseite des Modells bestimmt. Wird der Preis des Gutes 1 auf 1 normiert, ist der Preis des Faktors a durch $p_a = 1$, die Emissionssteuer durch $p_e = (2k+1)$ und der Preis der Umweltbelastungen durch $p_s = p_e$ festgelegt. Daher kann die Angebotsseite der Ökonomie E_k im Bowen-Gleichgewicht vollständig durch die reduzierte Form (4.8) erklärt werden.

Im Gegensatz zu den eben genannten Preisen ist der Preis des Gutes 2 - im folgenden mit p bezeichnet - ausschließlich von der Nachfrageseite des Modells bestimmt. Da Gut 2 in der Erstausstattung jedes Konsumenten als $\omega_2^i = 1$ vorhanden ist, konstante Skalenerträge aller Produktionsprozesse vorliegen sowie $\beta_i = 1/(2k+1)$ und $\omega_a^i = 1$ für jeden Konsumenten gilt, kann die Budgetrestriktion jedes Konsumenten für jede Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$ geschrieben werden als

$$(4.9i) \qquad x_1^i + px_2^i - s^i \leqq 1 + p \quad \text{für } i = 1,\ldots,2k+1$$

Aus der Maximierung der Nutzenfunktion (4.2i) unter Beachtung der Budgetrestriktion (4.9i) erhält man die $i=1,\ldots,2k+1$ Nachfragefunktionen nach Umweltbelastungen

$$(4.10i) \qquad s^i = (a_i + b_i) - c_i \, [1 + p]$$

Daher ist eine notwendige Bedingung für ein Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$

$$(4.11) \qquad s = 1 - [2 + p] \, [\text{median } (c_1,\ldots,c_{2k+1})]$$

Wird in den Budgetrestriktionen (4.9i) der Ausdruck s^i durch (4.11) ersetzt, erhält man durch Maximierung der Nutzenfunktionen (4.2i) über den eben modifizierten Budgetrestriktionen die (2k+1) Nachfragefunktionen nach privaten Gütern als

$$(4.12i) \qquad x_1^i = p \frac{a_i}{b_i} \, x_2^i \qquad i = 1,\ldots,2k+1$$

Aufgrund der Spezifikation der Produktionsfunktion G^k, der Umweltbelastungsfunktion Z und der Spezifikation der Charakteristika der Konsumenten liegt eine erreichbare Allokation der Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$ genau dann vor, wenn die Gleichungen (4.8),

$$(4.13) \qquad \sum_{i=1}^{2k+1} x_1^i = y \qquad \text{und}$$

$$(4.14) \qquad \sum_{i=1}^{2k+1} x_2^i = 2k+1$$

gelten. Daher ist eine Allokation $[(x_1^i, x_2^i)_i, y, s]$ und ein Preisvektor (p_a, p_e, p) mit $p_a = 1$ und $p_e = (2k+1)$ dann ein Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie $E_k \in \mathcal{E}_k$, wenn die Beziehungen

(4.8), (4.9i), (4.11), (4.12i), (4.13), (4.14) erfüllt werden. Werden die (2k+1) Nutzenfunktionen durch Tabelle 4.1 numerisch spezifiziert, und bezeichnet $\tilde{Q}_B$ (E_B) die gleichgewichtige

	a_i	b_i	c_i
i = 1,...,k	3/5	1/5	1/5
i = k+1	1/3	1/3	1/3
i=k+2,...,2k+1	3/10	1/10	6/10

Tabelle 4.1

Allokation für Konsument (k+1) - den Medianwähler der Ökonomie E_k -, erhält man

$$(4.15) \qquad u_{k+1} (\tilde{Q}_B(E_k)) = \left[\frac{2(2k+1)}{(5k+2)} \; \frac{(2k+1)}{(k+1)} \; \frac{2(2k+1)}{(5k+2)} \right]^{1/3}$$

wobei für den gleichgewichtigen Preis des Gutes 2 gilt $p = 2(k+1) / (5k+2)$.

Wir untersuchen jetzt die Erfolgsaussichten des Konsumenten (k+1), durch "Lügen" während eines nicht näher spezifizierten Anpassungsprozesses zu einem Bowen-Gleichgewicht seine Position zu verbessern. Dazu wird die Ökonomie $E_k' \in \mathcal{E}_k$ spezifiziert durch $a_{k+1} = 3/10$, $b_{k+1} = 3/10$, $c_{k+1} = 4/10$ und a_i, b_i, c_i für i=1,...,k,k+2,...,2k+1 wie in Tabelle 4.1. Die Ökonomie E_k' unterscheidet sich damit von Ökonomie E_k lediglich durch die Präferenzen des Konsumenten (k+1), der wegen Beziehung (4.10i) weiterhin Medianwähler bleibt. Durch eine Verhaltensweise gemäß der eben spezifizierten

Nutzenfunktion simuliert der Medianwähler eine stärkere Präferenz für Umweltqualität bei ceteris paribus gleicher Nachfragestruktur auf den privaten Gütermärkten. Verhält sich der Konsument (k+1) gemäß der eben genannten Form, erreicht er im Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie $E'_k \in \mathcal{E}_k$ ein Nutzenniveau gemäß seiner in Tabelle 4.1 angenommenen wahren Nutzenfunktion von

$$(4.16) \qquad u_{k+1}\ (\tilde{Q}_B(E'_k)) = \left[\frac{6(2k+1)}{(17k+7)} \frac{(2k+1)}{(k+1)} \frac{8(2k+1)}{(17k+7)} \right]^{1/3}$$

Der gleichgewichtige Preis für Gut 2 in Ökonomie E'_k ergibt sich als $p= 6(k+1) / (17k+7)$.

Ein Vergleich der Bowen-Gleichgewichte der Ökonomie E_k und E'_k zeigt, daß infolge der Vortäuschung einer stärkeren Präferenz für das öffentliche Gut Umweltqualität seitens des Medianwählers die Nachfrage nach Umweltbelastungen sinkt. Unterstellt man einen entsprechenden Rückgang des Angebotes an Umweltbelastungen, bedeutet dies aber, daß Faktoren aus der Produktion des Gutes 1 abgezogen und zu Entsorgungsaktivitäten eingesetzt werden. Auf dem Markt für Gut 1 entsteht beim gleichgewichtigen Preissystem der Ökonomie E_k ein Nachfrageüberhang. Diese positive Überschußnachfrage nach Gut 1 wird durch Preissenkung für Gut 2 "beseitigt". Da für den Konsum des Medianwählers an Gut 2 in den Bowen-Gleichgewichten der Ökonomien E_k und E'_k gilt $x_2^{k+1} = [(2k+1) / (k+1)] > 1$, ist der Medianwähler ein Nettonachfrager nach Gut 2. Daher ist es ihm durch die angenommene Manipulation möglich, durch Hergabe einer geringeren Menge des Gutes 1 seine Überschußnachfrage nach Gut 2 zu befriedigen. Andererseits verringert sich - aufgrund der in Ökonomie E'_k größeren gleichgewichtigen Nachfrage nach dem öffentlichen Gut Umweltqualität - der gleichgewichtige Konsum an Gut 1 für den Konsument (k+1). Für k=1 erhält man dabei unmittelbar $u_{k+1}\ (\tilde{Q}_B(E'_1)) > u_{k+1}\ (\tilde{Q}_B(E_1))$ mit $E_1\ ,\ E'_1 \in \mathcal{E}_1$. Daher folgt

Satz 4.2:

Der Bowen-Allokationsmechanismus ist für Bowen-Ökonomien mit mehr als einem privaten Gut nicht individuell anreizkompatibel bezüglich der Präferenzen.

Der negative Aussagegehalt des Satzes 4.2 wird relativiert, wenn die von Hurwicz (1972) erzielten Resultate, das "Freifahrerverhalten" in Tauschökonomien mit privaten Gütern betreffend, in Erinnerung gerufen werden. In Analogie zu Hurwicz (1972) läßt sich leicht zeigen, daß in Tauschökonomien mit kleiner Konsumentenzahl die Vorteilhaftigkeit des strategischen Verhaltens nach dem Kriterium der individuellen-Anreizverträglichkeit nicht ausgeschlossen werden kann. Präzisiert man demnach den Begriff des Freifahrens durch das Kriterium der individuellen Anreizverträglichkeit, bleibt das Freifahrerproblem kein spezifisches Problem öffentlicher Güter. Roberts und Postlewaite (1976) zeigten, daß in Tauschökonomien mit privaten Gütern bei wachsender Konsumentenzahl das Ansteigen der individuellen Anreizverträglichkeit des Marktmechanismus in dem Sinne vorliegt, daß die möglichen Gewinne aus strategischen (oder nicht-mengenanpasserischem) Verhalten in großen Ökonomien auf Null schrumpfen. Damit tritt die Frage auf, ob in Analogie zum Marktmechanismus für große Ökonomien das durch den Satz 4.2 behauptete Freifahrerproblem des Bowen-Mechanismus vernachlässigbar klein wird, d.h. der Bowen-Mechanismus das Kriterium der "konvergierenden" individuellen Anreizkompatibilität erfüllt.[1]

---

1) Was hier mit "konvergierender" individueller Anreizkompatibilität bezeichnet ist, wird in der angelsächsischen Literatur "limiting incentive compatibility" genannt. Vgl. etwa Roberts (1976) oder Postlewaite und Roberts (1976).

Definition 4.4:

Sei $(\mathcal{E}_k)$ eine Folge von Klassen von Ökonomien und (k+1) ein Konsument, der in jeder Klasse $\mathcal{E}_k$ dieser Folge vertreten ist. Unter dieser Voraussetzung heißt der Bowen-Mechanismus konvergent individuell anreizkompatibel, wenn für jede Nutzenfunktion u_{k+1} welche die "wahren" Präferenzen dieses Konsumenten abbildet und jedes $\varepsilon > 0$ ein k^* derart existiert, daß für jedes $k > k^*$ gilt

$$u_{k+1}(\tilde{Q}_B(E_k)) > u_{k+1}(\tilde{Q}_B(E_k')) - \varepsilon \quad \text{mit } E_k,\ E_k' \in \mathcal{E}_k$$

Da der Bowen-Mechanismus nach Abschnitt 4.2 nicht individuell rational ist, folgt die konvergierende individuelle Anreizinkompatibilität nicht aus Roberts (1976), S.367, Proposition 2. Anhand der zuvor beschriebenen Replica-Ökonomie läßt sich jedoch zeigen

Satz 4.3:

Der Bowen-Allokationsmechanismus ist für Bowen-Ökonomien mit mehr als einem privaten Gut nicht konvergent individuell anreizkompatibel bezüglich der Präferenzen.

Beweis:

Der Gewinn des Konsumenten (k+1) bei der genannten Manipulation in einer Ökonomie mit (2k+1) Konsumenten ergibt sich als

$$\varepsilon(k) = u_{k+1}(\tilde{Q}_B(E_k')) - u_{k+1}(\tilde{Q}_B(E_k))$$

$$\varepsilon(k) = [\ A(k) - 1\ ]\ u_{k+1}(\tilde{Q}_B(E_k))$$

mit $A(k) \equiv [12(5k+2)^2 / (17k+7)^2]^{1/3}$. Es folgt unmittelbar, daß für jedes $k = 1,2...$ auch $A(k) > 1$ gilt, womit $\varepsilon(k) > 0$

für k = 1,2... garantiert wird. Ferner gilt für reellwertiges k

$$\frac{d\,A(k)}{dk} = \frac{2}{3}\,12^{1/3}\,(17k+7)^{-5/3}\,(5k+2)^{-1/3} > 0$$

und

$$\frac{d\,C(k)}{dk} = 12k\,(2k+1)^2 \,/\, [(5k+2)^3\,(k+1)^2] > 0$$

mit $[C(k)]^{1/3} = u_{k+1}(\tilde{Q}_B(E_k))$. Daher sind die Folgen A(k) und C(k) für k = 1,2,... streng monoton steigend und für die Folge $\varepsilon(k)$ gilt

$$\varepsilon(1) < \varepsilon(2) < \varepsilon(3) < .....$$

womit für einige reelle Zahlen $\varepsilon > 0$ kein k^* mit den in der Definition 4.4 genannten Eigenschaft existiert.

Q.E.D.

Damit ist am Beispiel der zuvor formulierten Folge von Ökonomien $(\mathcal{E}_k)$ der grundlegende Unterschied zwischen dem Marktmechanismus und dem Bowen-Mechanismus für den Fall mehrerer privater Güter gezeigt. Während in großen Ökonomien ohne externe Effekte Marktallokationen konvergent individuell anreizkompatibel bezüglich der Präferenzen sind, zeichnet sich der Bowen-Mechanismus nicht durch diese Eigenschaft aus. Vielmehr kann nicht ausgeschlossen werden, daß bei größer werdender Ökonomie - wegen der gezeigten streng steigenden Monotonie der Folge $\varepsilon(k)$ - der individuelle "Gewinn" durch eine geeignete Manipulation steigt.

Das in diesem Abschnitt diskutierte Beispiel eines erfolgreichen Abweichens von Verhalten der Mengenanpassung könnte den Eindruck erwecken, daß in einer Bowen-Ökonomie nur der Medianwähler einen Spielraum zur Manipulation des Wahler-

gebnisses besitzt. Daß - wie in Tauschökonomien mit rein privaten Gütern - in Bowen-Ökonomien jeder Konsument über einen gewissen Manipulationsspielraum verfügt, läßt sich an der Gleichung (4.11) demonstrieren. Nach (4.11) wird die gesamtwirtschaftliche Umweltbelastung von dem Konsumenten $m \in \{1,2,...,2k+1\}$ festgelegt, für den $c_m = \text{median } (c_1,..,c_{2k+1})$ gilt. Nach der in Tabelle 4.1 vorgenommenen numerischen Festlegung der Präferenzparameter gilt $m = k+1$, wobei die Werte der Parameter c_i wie im Schaubild 4.5 auf einer Achse reeller Zahlen abgetragen werden können.

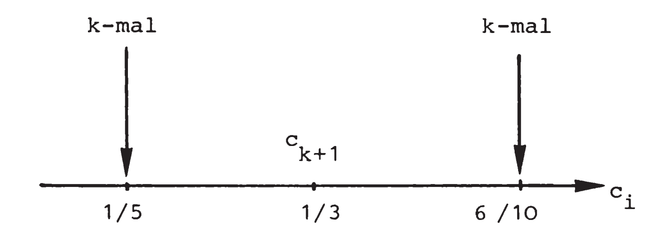


Schaubild 4.5

Der Manipulationsspielraum des Konsumenten (k+1) liegt nach Schaubild 4.5 im Intervall [1/5, 6/10]. Angenommen, der Konsument (k+1) verhält sich nicht strategisch. Unter dieser Voraussetzung wäre es einem Konsumenten $i \in \{1,2,..,k\}$ aber möglich, Medianwähler zu werden, indem er sein Verhalten nach einem Parameter c_i mit $1/3 \leqq c_i \leqq 6/10$ ausrichtet. Der Manipulationsspielraum dieses Konsumenten ist damit das Intervall [1/3, 6/10]. Ähnliche individuelle Manipulationsspielräume wie im Schaubild 4.5 angedeutet lassen sich in Marktökonomien mit rein privaten Gütern für die Marktpreise ermitteln. Der mit Satz 4.3 gezeigte grundlegende Unterschied zwischen beiden Manipulationsspielräumen besteht darin, daß in großen Ökonomien mit rein privaten Gütern der Preismanipulationsspielraum

immer vollständig zusammenschrumpft. Schaubild 4.5 zusammen mit Gleichung (4.11) macht deutlich, daß unabhängig von der Anzahl der Konsumenten - und damit bei beliebig großer Ökonomie - im vorliegenden Modellzusammenhang der individuelle Manipulationsspielraum zur Beeinflußung der Wahlresultate erhalten bleibt. Da für beliebig große Bowen-Ökonomien ein individueller Manipulationsspielraum zur Beeinflußung von Abstimmungsergebnissen vorhanden ist, kann ein Konsument bei entsprechender Ausnutzung dieses Spielraumes die Preise privater Güter zu seinen Gunsten beeinflußen. Bemerkenswert an der in diesem Abschnitt vorgestellten Klasse von Ökonomien ist, daß für den Fall eines rein privaten Konsumgutes und eines Umweltbelastungsindikators der Bowen-Mechanismus dominant individuell anreizverträglich ist. Dies folgt wegen $\omega_a^i / \omega_a = \beta_i = 1/(2k+1)$ für $i = 1,..,2k+1$ und der linearen Transformationskurve (4.8) direkt aus Satz 4.1. Dadurch, daß die Zahl der rein privaten Güter erhöht wird - die "Marktkomponente" der Bowen-Ökonomie verstärkt wird -, findet ein Freifahrerelement in den Allokationsmechanismus Eingang, welches im Zusammenwirken mit der "Abstimmungskomponente" auch in großen Ökonomien erhalten bleibt.

5. DAS ZWEI-SEKTOR-MODELL

5.1 Problemstellung

In Kapital 3 wurden über komparativ statische Überlegungen die gesamtwirtschaftlichen Implikationen geänderter Faktorausstattungen sowie alternativer Verteilungen der Ansprüche auf die Faktorausstattung und das Umweltpotential untersucht. Unberücksichtigt bei diesen Überlegungen blieben mögliche Sektorstruktureffekte im Bereich privater Güter. Da über Änderungen der Sektorstruktur im Bereich privater Güter auch die Preise im Umweltbereich der Ökonomie beeinflußt werden, schaffen Sektorstruktureffekte geänderte Datenkonstellationen für den Medianwähler, was seinerseits Auswirkungen auf dessen Wahlentscheidung und damit die gleichgewichtigen Umweltzustände des Bowen-Modells hat. In diesem Kapitel werden diese Rückwirkungen berücksichtigt, und es wird explizit nach den allokativen Implikationen einer stärkeren Betonung der Marktkomponente im Markt- und Abstimmungsmodell gefragt. Zu diesem Zwecke wird im nächsten Abschnitt das in Kapitel 3 benutzte Ein-Sektor-Modell zu einem Zwei-Sektor-Modell mit Umweltbelastungen erweitert. In Abschnitt 5.3 und 5.4 wird die komparative Statik der Angebots- und Nachfrageseite dieses Modells vorgestellt. Abschnitt 5.5 präzisiert Bedingungen, unter denen die gleichgewichtige Entwicklung der Sektorstruktur, des Faktorpreisverhältnisses und der Umweltbelastung bei verteilungspolitischen Maßnahmen und Änderungen in der Faktorausstattung prognostiziert werden können.

5.2. Die Modellgleichungen

Im Zwei-Sektor-Modell wird eine Produktion in Sektor $1 = 1,2$

durch das Tripel (y_1, y_a^1, y_e^1) beschrieben. Die Produktionsfunktion der l-ten Industrie G^1 genügt

Annahme G3:

Die Produktionsfunktion des Sektors l erfüllt die Forderungen der Annahme G2 des Ein-Sektor-Modells mit dem Zusatz, daß alle Symbole hier noch mit dem Buchstaben l = 1,2 indiziert werden.

Ein Konsum eines Konsumenten i besteht im Zwei-Sektor-Modell aus einem Tripel (x_1^i, x_2^i, s^i), und die über dem jetzt dreidimensionalen Konsumraum definierte Nutzenfunktion u_i erfüllt

Annahme U3:

Die i = 1,...,N Nutzenfunktionen u_i erfüllen die in Annahme U1 des Ein-Sektor-Modells spezifizierten Bedingungen mit dem Zusatz, daß $x^i \equiv (x_1^i, x_2^i) \in R_+^2$ gilt.

Analog zum Ein-Sektor-Modell wird auch hier die Umweltbelastungsnachfrage des Konsumentensektors durch die Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers - der als Konsument m identifiziert wird - modelliert. Daher gilt die auf S. 73 aufgeführte Annahme M1. Demnach kann analog zum Abschnitt 3.3 aus der Lösung des nachstehenden Optimierungsproblems

$$\max u_m(x_1^m, x_2^m, s^m) \quad \text{u.d.B.} \quad p_1 x_1^m + p_2 x_2^m - \beta_m p_s s^m \leqq p_1 I_m$$

bei Beachtung der Annahme U3 die Nachfragefunktion nach Umweltbelastungen deduziert werden als

$$s_m = \sigma_m(p_1, p_2, \beta_m p_s, p_1 I_m)$$

Da die Nachfrage nullhomogen in den Preisen ist, erhält man

$$(5.1) \qquad s_m = S^m(p, \beta_m p_z, I_m) \quad .$$

mit den Relativpreisen

$$(5.2) \qquad p \equiv (p_2/\ p_1) \qquad p_Z \equiv (p_s/\ p_1) \qquad p_A \equiv (p_a/\ p_1)$$

Bei linear-homogenen Produktionsfunktionen der Sektoren $l = 1,2$ und linear-homogener Umwelttechnologie gilt für das gleichgewichtige Realeinkommen vor Umweltbelastungszahlungen I_m [1)]

$$(5.3) \qquad I_m = \gamma_m p_A \omega_a$$

Liegt die Umweltbelastungsnachfrage s_m des Konsumentensektors fest, ist das Einkommen jedes Konsumenten nach Umweltbelastungszahlung gegeben als $p_1 I_i^b = p_1 I_i + \beta_i p_s s_m$. Wie im allgemeinen Modell des Kapitels 2 in Abschnitt 2.4.5 ausführlich dargelegt, steht jeder Konsument dann bei gegebener Umweltbelastung s_m, gegebenem Einkommen nach Umweltbelastungszahlungen $p_1 I_i^b$ und gegebenen Preisen p_1, p_2 vor dem Problem,ein individuell-bestes Konsumgüterbündel $(x_1^i,\ x_2^i)$ zu bestimmen. Aus der Lösung des Optimierungsproblems

$$\max\ u_i(x_1^i,\ x_2^i,\ s_m) \qquad \text{u.d.B.} \qquad p_1 x_1^i + p_2 x_2^i \leqq p_1 I_i^b,$$

erhält man bei Beachtung der Annahme U3 die Nachfragefunktion eines Konsumenten $i = 1,..,N$ nach Gut $l = 1,2$ als

$$x_l^i = \mathfrak{D}_l^i(p_1,\ p_2,\ p_1 I_i^b,\ s_m)$$

Werden die Preise p_1, p_2 und das Einkommen $p_1 I_i^b$ verlambdafacht, so ändert sich bei konstant gebliebener Umweltbelastungsnachfrage s_m die Budgetrestriktion des Konsumenten nicht, womit

---

1) Da im folgenden immer Gleichgewichtszustände analysiert werden und bei linear-homogenen Funktionen immer "gleichgewichtige" Nullgewinne anfallen, bleiben die Gewinnanteile am Einkommen I_m unberücksichtigt.

die Nachfragefunktionen $\mathfrak{D}_l^i$ nullhomogen in den Variablen p_1, p_2, $p_1 I_i^b$ sind. Wird vereinbart, daß $\mathfrak{D}_l^i(1,p,I_i^b,s_m) \equiv D_l^i(p,I_i^b,s_m)$ gilt, kann die Nachfragefunktion des Konsumenten i = 1,...,N nach Gut 1 = 1,2 geschrieben werden als

$$(5.4) \qquad x_l^i = D_l^i(p,\ I_i^b,\ s_m) \qquad \text{mit}$$

$$(5.5) \qquad I_i^b = \gamma_i p_A \omega_a + \beta_i p_Z s_m$$

Bei der Formulierung der Nachfragefunktion (5.4) ist zu beachten, daß die ceteris paribus bei einer Erhöhung der Umweltbelastungsnachfrage s_m auftretenden Substitutions- und Einkommenseffekte getrennt dargestellt sind. Bei einer Erhöhung der Umweltbelastungsnachfrage s_m ergibt sich zunächst eine größere Umweltbelastungszahlung, so daß nach (5.5) das Bruttoeinkommen I_i^b des Konsumenten i steigt. Dieser Einkommenseffekt wird in (5.4) durch die Variable I_i^b berücksichtigt. Wird die Einkommenswirkung der Erhöhung der Umweltbelastungsnachfrage kompensiert - bleibt also I_i^b konstant -,so wird durch die erhöhte Umweltbelastungsnachfrage - die im Gleichgewicht einem höheren Umweltbelastungszustand entspricht - die Güternachfrage beeinflußt. Ist etwa Gut 1 ein umweltbelastungskomplementäres Gut, wird mit steigender Umweltbelastung die Nachfrage nach Gut 1 steigen. Die Argumentvariable s_m in (5.4) beschreibt demnach den reinen Substitutionseffekt einer Änderung der Umweltbelastungsnachfrage.

Wir gehen in den folgenden Überlegungen immer von einer Ökonomie aus, in der es genau zwei unterschiedliche Konsumenten (-typen) gibt, womit für den Konsumentenindex gilt $i = m,\bar{m}$. Mit $\bar{m}$ wird dabei der Nicht-Medianwähler bezeichnet, m bezeichnet den Medianwähler. Unter Berücksichtigung von (5.4) erhält man daher die gesamtwirtschaftliche Güternachfrage als

$$(5.6) \qquad x_l = D_l^m(p,\ I_m^b,\ s_m) + D_l^{\bar{m}}(p,\ I_{\bar{m}}^b\ ,\ s_m) \qquad l = 1,2$$

Die Umwelttechologie des Modells wird als lineare Technologie durch

(5.7) $z = Z(e) = e$

definiert. Bei einer gleichgewichtigen Umweltbelastung $z > 0$ entspricht daher der Umweltbelastungspreis der Emissionssteuer, d.h. es gilt

(5.8) $p_Z = p_E \quad \text{mit} \quad p_E \equiv (p_e / p_1)$

Bei der Beschreibung der Angebotsbedingungen auf den privaten Gütermärkten wird die - auf Jones (1965) zurückgehende - aktivitätsanalytische Formulierung des neoklassischen Zwei-Sektor-Modells zugrunde gelegt. Da die Darstellung des Aktivitätsansatzes in der traditionellen neoklassischen Analyse [1] sowie in neoklassischen Modellen mit externen Effekten im Umweltbereich [2] in der Literatur etabliert ist, können die Ausführungen zur Angebotsseite der privaten Gütermärkte knapp gehalten werden. Definiert man die Inputkoeffizienten für Industrie l durch

$$a_{al} \equiv (y_a^l / y_l) \quad \text{und} \quad a_{el} \equiv (y_e^l / y_l) \text{ mit } l = 1,2$$

erhält man die aktivitätsanalytische Formulierung der sogenannten Preis- und Mengengleichungen

(5.9) $p_a a_{al} + p_e a_{el} = p_l$ für $l = 1,2$

(5.1o) $y_1 a_{a1} + y_2 a_{a2} = \omega_a$

(5.11) $y_1 a_{e1} + y_2 a_{e2} = e$

---

1) Vgl. hierzu etwa Schittko (1976).
2) Vgl. hierzu etwa Pethig 1979 a), S.117-137 oder Gronych (198o).

Da die Produzenten als Mengenanpasser agieren, sind die Inputkoeffizienten Funktionen der Faktorpreise, womit gilt

(5.12) $\quad a_{al} = A_{al}(p_e, p_a) \quad$ und $\quad a_{el} = A_{el}(p_e, p_a) \quad$ für $l=1,2$

und die Inputkoeffizienten den minimalen Input-Bedarf pro Outputeinheit angeben.

Das vorstehende Zwei-Sektor-Bowen-Modell wird vervollständigt durch die Aufführung der Markträumungsbedingungen auf dem Güter- und Umweltbelastungsmarkt

(5.13) $\quad s_m = z \quad$ und $\quad x_l = y_l \quad$ mit $\quad l = 1,2$

5.3 Die komparative Statik der Angebotsseite

Nach Differentiation der Preisgleichungen (5.9) erhält man durch Umformen und Berücksichtigung der sogenannten Minimalkostenbedingung für die relativen Änderungen der Güterpreise [1)]

(5.14) $\quad \Theta_{al}\hat{p}_a + \Theta_{el}\hat{p}_e = \hat{p}_l \quad$ für $\quad l = 1,2$

Die Symbole Θ_{al}, Θ_{el} sind dabei definiert durch

(5.15) $\quad \Theta_{al} \equiv [a_{al}p_a]/p_l \qquad \Theta_{el} \equiv [a_{el}p_e]/p_l$

und beschreiben den Anteil des Faktors a (bzw. e) am Wert des Produkts des Sektors l. Da linear-homogene Produktionstechnologien vorliegen, wird der Produktionswert jeder Industrie vollständig von den Faktoren a und e ausgeschöpft, womit gilt

(5.16) $\quad \Theta_{al} + \Theta_{el} = 1 \qquad$ für $l = 1,2$

Daher erhält man aus (5.14) für die relative Änderung der Güter-

1) Dies kann völlig analog zu Schittko (1976), S.131 deduziert werden.

preisrelation p

(5.17) $\quad \hat{p} = |\Theta| \, (\hat{p}_e - \hat{p}_a)$

wobei die Determinante der Matrix Θ definiert wird als

(5.18) $$|\Theta| \equiv \begin{vmatrix} \Theta_{a1} & \Theta_{e1} \\ \Theta_{a2} & \Theta_{e2} \end{vmatrix} = \Theta_{a1} - \Theta_{a2} = \Theta_{e2} - \Theta_{e1}$$

Ebenso erhält man aus (5.2), (5.8) unter Beachtung von (5.14), (5.16) die relative Änderung der Preise der Faktoren a und e in Einheiten des Gutes 1

(5.19) $\quad \hat{p}_E \doteq \Theta_{a1} \, (\hat{p}_e - \hat{p}_a) \qquad \hat{p}_A = -\Theta_{e1} \, (\hat{p}_e - \hat{p}_a)$

Aus den Mengengleichungen (5.1o), (5.11) und den Verhaltensgleichungen (5.12) ergibt sich bei Anwendung des "^"-Kalküls nach einigen Umformungen [1)]

(5.2o) $\quad \hat{y}_2 - \hat{y}_1 = \sigma_s \hat{p} - \frac{1}{|\lambda|}(\hat{\omega}_a - \hat{e})$

Hierbei bezeichnet σ_s die Angebotssubstitutionselastizität, d.h. die Elastizität der Gütersubstitution auf der Transformationskurve mit $\hat{\omega}_a = \hat{e} = 0$ und die Determinante der Matrix λ ist definiert durch

(5.21) $$|\lambda| \equiv \begin{vmatrix} \lambda_{a1} & \lambda_{a2} \\ \lambda_{e1} & \lambda_{e2} \end{vmatrix} \qquad \text{mit} \quad \lambda_{al} \equiv \frac{a_{al} y_l}{\omega_a} \qquad \lambda_{al} \equiv \frac{a_{el} y_l}{e}$$

womit λ_{al} (λ_{el}) den Einsatzanteil des Faktors a (e) in der l-ten Industrie bezeichnet. Da Vollbeschäftigung der Faktoren zugrunde gelegt wird, gilt

---

1) Die Herleitung der Gleichung (5.2o) kann analog zu Schittko (1976), S. 13o-133 oder Pethig (1979 a), S.117-137 vollzogen werden.

(5.22) $\lambda_{a1} + \lambda_{a2} = \lambda_{e1} + \lambda_{e2} = 1$

Die Resultate der komparativen Statik der Angebotsseite des Zwei- Sektor-Modells werden durch die Gleichungen (5.17) und (5.2o) zusammengefaßt. Eine Interpretation dieser Beziehungen wird durch die Anwendung des Konzepts der sektoralen Emissionsintensität erleichtert. In Analogie zum Konzept der sektoralen Kapitalintensität in traditionellen Modellen der reinen Außenhandelstheorie definieren wir die Emissionsintensität des Sektors l durch den Quotienten der Inputkoeffizienten

$$k_j \equiv a_{el} / a_{al} \qquad l = 1,2$$

Die Industrie 2 produziert dann emissionsintensiver als die Industrie 1, wenn pro eingesetzter Einheit des Faktors a in Industrie 2 mehr Emissionen anfallen - und damit eine stärkere Umweltnutzung zu Produktionszwecken vorliegt - als in Industrie 1. Dies ist genau dann der Fall, wenn $k_2 > k_1$ gilt. Da sich die Vorzeichen der Determinanten der Matrizen λ und Θ auf ein-eindeutige Weise mit den sektoralen Emissionsintensitäten verküpfen lassen, können bei jeweils gegebenen sektoralen Emissionsintensitäten die in den Gleichungen (5.17) und (5.2o) zusammengefaßten Resultate der komparativen Statik der Angebotsseite in bekannter Weise erläutert werden. [1] Die Beziehungen zwischen dem Vorzeichen der Determinanten der Matrizen λ und Θ und den sektoralen Emissionsintensitäten sind in dem nachstehenden Hilfssatz zusammengefaßt

<u>Lemma 5.1:</u>

$|\lambda| \gtreqless 0$ genau dann,wenn $k_2 \gtreqless k_1$

$|\Theta| \gtreqless 0$ genau dann,wenn $k_2 \gtreqless k_1$

$|\lambda|\ |\Theta| > 0$ genau dann, wenn $k_2 \neq k_1$

---

1) Hier kann auf die Standardliteratur zum neoklassischen Zwei-Güter-Zwei-Faktor-Modell verwiesen werden.

Beweis:

Die erste Behauptung folgt direkt aus (5.21). Die zweite Behauptung direkt aus (5.15), (5.18).

Q.E.D.

5.4 Die komparative Statik der Nachfrageseite

Auf der Nachfrageseite des Modells ist die relative Änderung der Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten m und die relative Änderung der Gesamtnachfrage nach den Gütern 1 und 2 zu untersuchen.

5.4.1 Die relative Änderung der Umweltbelastungsnachfrage

Unter Beachtung von (5.3), (5.7), (5.8), (5.13) kann Gleichung (5.1) bei Anwendung des "∧"-Kalküls geschrieben werden als

$$(5.23) \qquad \hat{e} = \eta^{m}_{s,p}\,\hat{p} + \eta^{m}_{s,p_Z}(\hat{\beta}_m + \hat{p}_E) + \eta^{m}_{s,I}(\hat{\gamma}_m + \hat{p}_A + \hat{\omega}_a)$$

mit $\eta^{m}_{s,p} \equiv [\partial s^m/\partial p][p/s_m]$ als Kreuzpreiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten m

$\eta^{m}_{s,p_Z} \equiv [\partial s^m/\partial(\beta_m p_Z)][(\beta_m p_Z)/s_m]$ als Preiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten m

$\eta^{m}_{s,I} \equiv [\partial s^m/\partial I_m][I_m/s_m]$ als Einkommenselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten m.

Die Gleichung (5.23) stellt die entscheidende Modifikation der bisherigen komparativ statischen Analyse der Preis-Standard-Politik dar. Während in den in der Literatur vorgestellten komparativ statischen Überlegungen zur Preis-Standard-Politik anhand von Mehr-Sektor-Modellen die Änderung des Standards modellexogen gegeben ist, wird hier durch (5.23) die Änderung des Umweltbelastungsstandards aus dem Verhalten des Medianwählers er-

klärt, freilich auch hier mit der in Kapitel 3 schon vorgenommenen Einschränkung der Konstanz des Medianwählers.[1] Aus (5.23) wird deutlich, daß ceteris paribus dann Änderungen der Emissionsstandards zu erwarten sind, wenn sich Relativpreisänderungen bei den rein privaten Gütern ergeben, Umweltbelastungsneubewertungen stattfinden, Änderungen in der Faktorausstattung ω_a auftreten sowie geänderte Ansprüche auf die Faktorausstattung ω_a oder das Umweltpotential der Ökonomie vorliegen. Unter Berücksichtigung der in (5.17), (5.19) deduzierten Preiszusammenhänge kann (5.23) weiter zusammengefaßt werden zu

$$(5.24) \qquad \hat{e} = d_1(\hat{p}_e - \hat{p}_a) + \eta^m_{s,p_Z}\hat{\beta}_m + \eta^m_{s,I}(\hat{Y}_m + \hat{\omega}_a)$$

wobei der Koeffizient d_1 definiert ist als

$$(5.25) \qquad d_1 \equiv \eta^m_{s,p}|\Theta| + \eta^m_{s,p_Z}\Theta_{a1} - \eta^m_{s,I}\Theta_{e1}$$

5.4.2 Die relative Änderung der Güternachfrage

Für die relative Änderung der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage nach dem Konsumgut l = 1,2 erhält man aus (5.6) bei Beachtung von (5.7), (5.13)

$$(5.26) \qquad \hat{x}_l = \eta_{l,p}\hat{p} + \eta_{l,s}\hat{e} + \eta^m_{l,I^b}\frac{x^m_l}{x_l}\hat{I}^b_m + \eta^{\bar{m}}_{l,I^b}\frac{x^{\bar{m}}_l}{x_l}\hat{I}^b_{\bar{m}}$$

mit der gesamtwirtschaftlichen Preiselastizität der Nachfrage nach Gut l

$$\eta_{l,p} \equiv \eta^m_{l,p}\frac{x^m_l}{x_l} + \eta^{\bar{m}}_{l,p}\frac{x^{\bar{m}}_l}{x_l}$$

1) Vgl. hierzu u.a. Gronych (198o), Pethig (1979 a) und Siebert, Eichberger, Gronych, Pethig (198o).

als gewichteter Summe der Preiselastizitäten der Konsumenten m und $\bar{m}$ sowie der gesamtwirtschaftlichen Güternachfrageelastizität in Bezug auf die Umweltbelastung [1)]

$$\eta_{1,s} \equiv \eta^{m}_{1,s} \frac{x^{m}_{1}}{x_{1}} + \eta^{\bar{m}}_{1,s} \frac{x^{\bar{m}}_{1}}{x_{1}}$$

Um die Untersuchungen zu vereinfachen, soll im folgenden von einer konstanten Struktur der Güternachfrage ausgegangen werden, d.h. die Annahme U3 wird verschärft durch

<u>Annahme U4:</u>

Zusätzlich zu den Bedingungen der Annahme U3 gilt : Die Einkommenselastizität der Nachfrage nach den rein privaten Konsumgütern ist für beide Konsumenten konstant gleich 1, d.h.es gilt

$$\eta^{\bar{m}}_{1,I^b} = \eta^{m}_{1,I^b} = 1 \qquad \text{für } 1 = 1,2$$

Definiert man I als die Summe der Bruttoeinkommen der Konsumenten m und $\bar{m}$, d.h. gilt $I = I^b_m + I^b_{\bar{m}}$, erhält man bei Beachtung der Annahme U4 aus (5.26)

$$(5.27) \quad \hat{x}_2 - \hat{x}_1 = -\sigma_D \hat{p} + (\eta_{2,s} - \eta_{1,s})\hat{e} + (\alpha_2 - \alpha_1)\hat{I}^b_m + \\ + (\eta_{2,I} - \eta_{1,I})\hat{I}$$

---

1) Die Nachfrageelastizitäten des Konsumenten $i = m,\bar{m}$ sind in der üblichen Weise definiert, d.h. es gilt
$\eta^{i}_{1,r} \equiv [\partial D^{i}_{1}/\partial r]\,[r/x^{i}_{1}]$ für $i=m,\bar{m}$; $1=1,2$; $r=p,s_m,I^b_i$

mit $\sigma_D = \eta_{1,p} - \eta_{2,p} > 0$ als Elastizität der Nachfragesubstitution [1] und

$$\alpha_1 = \frac{x_1^m}{x_1} - \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_1} \frac{I_m^b}{I_{\bar{m}}^b} \quad ; \quad \eta_{1,I} = \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_1} \frac{I}{I_{\bar{m}}^b}$$

Der Ausdruck $(\eta_{2,I} - \eta_{1,I})\hat{I}$ in (5.27) gibt die Wirkung einer Erhöhung des Volkseinkommens I auf die Nachfragestruktur des Konsumgütersektors an. Ist der Anteil des Konsumenten $\bar{m}$ an der gesamten Nachfrage nach Gut 2 größer als der Anteil dieses Konsumenten an der Gesamtnachfrage nach Gut 1, verschiebt sich die Struktur der gesamtwirtschaftlichen Güternachfrage bei einer Erhöhung des Volkseinkommens zu Gunsten des Gutes 2. Unberücksichtigt beim Ausdruck $(\eta_{2,I} - \eta_{1,I})\hat{I}$ ist, daß eine gesamtwirtschaftliche Einkommenserhöhung eine Erhöhung des Einkommens des Medianwählers mit sich bringen kann, was seinerseits über die Präferenzen des Medianwählers eine gewisse Wirkung auf die Entwicklung der Nachfragestruktur $(\hat{x}_2 - \hat{x}_1)$ haben kann. Dieser Einfluß des Medianwählers m kommt durch den "Abweichungsindikator" $(\alpha_2 - \alpha_1)$ zum tragen. Der Abweichungsindikator setzt dabei die mit dem Bruttoeinkommen der Konsumenten $m, \bar{m}$ gewichteten Anteile dieser Konsumenten am Gesamtkonsum der Güter zueinander in Relation. Diese Beziehungen lassen sich anhand des nachstehenden Schaubildes 5.1 verdeutlichen.

Da die Einkommenselastizität der Güternachfrage nach Annahme U4 dem Wert 1 entspricht, sind die Expansionspfade der Konsumenten

---

1) Das Symbol α_1 ist dabei definiert als die gewichtete Summe der Einkommenselastizitäten der Konsumenten m, $\bar{m}$ und $\eta_{1,I}$ ist die gewichtete Einkommenselastizität des Nicht-Medianwählers. Es gilt daher

$$\alpha_1 \equiv \eta_{1,I^b}^m \frac{x_1^m}{x_1} - \eta_{1,I^b}^{\bar{m}} \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_1} \frac{I_m^b}{I_{\bar{m}}^b} \quad \text{sowie} \quad \eta_{1,I} \equiv \eta_{1,I^b}^{\bar{m}} \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_1} \frac{I}{I_{\bar{m}}^b}$$

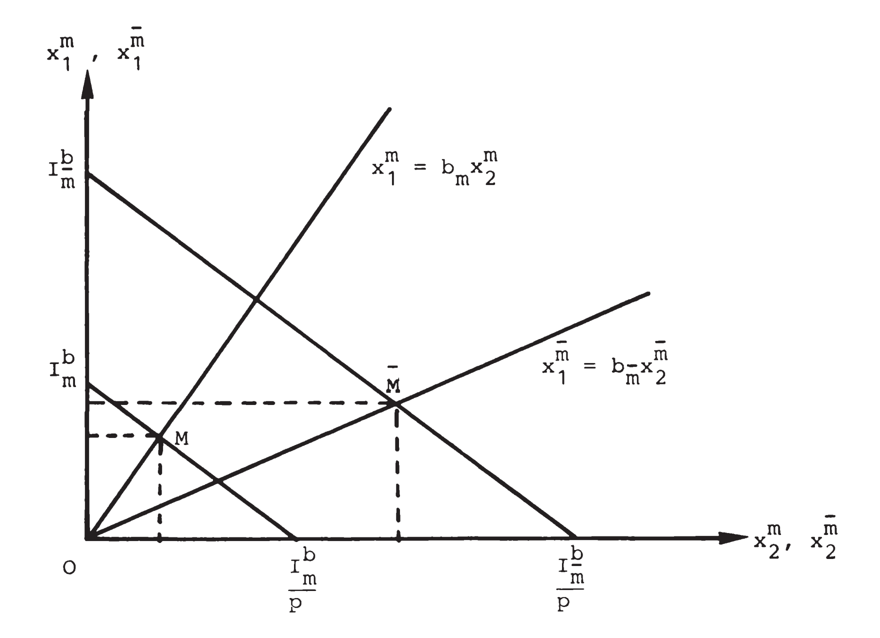


Schaubild 5.1

m, $\bar{m}$ Ursprungsgeraden im (x_1^m, x_2^m) bzw. $(x_1^{\bar{m}}, x_2^{\bar{m}})$-Diagramm. Da für die Koeffizienten b_m, $b_{\bar{m}}$ in Schaubild 5.1 gilt $b_m > b_{\bar{m}}$, besitzt der Konsument m in diesem Beispiel eine stärkere Präferenz für Gut 1 als Konsument $\bar{m}$. Trotzdem ist in diesem Beispiel der Anteil des Konsumenten $\bar{m}$ am Gesamtkonsum von Gut 1 größer als der Anteil des Konsumenten m. Die vorstehend genannten Änderungen der Nachfragestruktur infolge Einkommensvariationen ergeben sich demnach aus dem Zusammenspiel von Bruttoeinkommensverteilung und "Präferenzintensität".

Besitzen die beiden Konsumenten m und $\bar{m}$ unterschiedliche Präferenzen, so sind die Vorzeichen der Klammerausdrücke $(\alpha_2 - \alpha_1)$ und $(\eta_{2,I} - \eta_{1,I})$ immer einander entgegengesetzt. Dies folgt unmittelbar aus den nachstehenden Äquivalenzrelationen (5.28) und (5.29)

$$(5.28) \qquad \frac{x_1^m}{x_2^m} \gtreqless \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_2^{\bar{m}}} \quad \text{genau dann wenn} \quad \alpha_1 \gtreqless \alpha_2$$

$$(5.29) \qquad \frac{x_1^m}{x_2^m} \gtreqless \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_2^{\bar{m}}} \quad \text{genau dann wenn} \quad \frac{x_2^{\bar{m}}}{x_2} \gtreqless \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_1}$$

Besitzt m.a.W. der Konsument m eine stärkere Präferenz für Gut 1 als Konsument $\bar{m}$, bewirkt eine Erhöhung des Volkseinkommens zwar eine Verschiebung der Nachfragestruktur zu Gunsten von Gut 2, dieser Verschiebungseffekt wird aber konterkarriert, wenn der Medianwähler von der Einkommenserhöhung profitiert.

Unter Berücksichtigung von $\beta_m + \beta_{\bar{m}} = \gamma_m + \gamma_{\bar{m}} = 1$, der Definitionsgleichung (5.5) sowie (5.7), (5.8), (5.13) kann die Einkommenskomponente der Güternachfrage in Gleichung (5.27) geschrieben werden als

$$(5.3o) \qquad (\alpha_2 - \alpha_1)\hat{I}_m^b + (\eta_{2,I} - \eta_{1,I})\hat{I} = c_A(\hat{p}_A + \hat{\omega}_a) - c_A(\hat{p}_E + \hat{e}) + c_\gamma\hat{\gamma}_m + c_\beta\hat{\beta}_m$$

mit

$$c_A \equiv [(x_2^{\bar{m}}/x_2) - (x_1^{\bar{m}}/x_1)][\gamma_{\bar{m}} - \gamma_m(I_{\bar{m}}^b/I_m^b)][(p_A\omega_a)/I_{\bar{m}}^b]$$

$$c_\gamma \equiv [(\alpha_2 - \alpha_1)/I_m^b]\ \gamma_m p_A \omega_a$$

$$c_\beta \equiv [(\alpha_2 - \alpha_1)/I_m^b]\ \beta_m p_E e$$

Die Vorzeichen der Koeffizienten c_β und c_γ können wegen der Gültigkeit der Äquivalenzrelationen (5.28) eindeutig auf die "Präferenzintensität" der Konsumenten m und $\bar{m}$ zurückgeführt werden. Besitzt der Medianwähler eine stärkere Präferenz für Gut 1 als der Konsument $\bar{m}$, d.h. gilt $(x_1^m/x_2^m) > (x_1^{\bar{m}}/x_2^{\bar{m}})$ folgt, $c_\beta < 0$ und $c_\gamma < 0$. Eine Umverteilung des Einkommens aus der Nutzung des Faktors a zu Gunsten des Medianwählers $(\hat{\gamma}_m > 0)$ führt dann zu einer Verlagerung der gesamtwirtschaftlichen Güternachfrage auf Gut 1. Ein entsprechender Einkommenseffekt auf die Struktur der Güternachfrage stellt sich ein, wenn die Ansprüche auf Einkommenszahlungen aus der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten für den Medianwähler verbessert werden $(\hat{\beta}_m > 0)$.

Das Vorzeichen des Koeffizienten c_A in (5.3o) kann ohne weitere Voraussetzungen nicht eindeutig ermittelt werden. Hier kommen die bereits in Schaubild 5.1 angedeuteten Effekte des Zusammenwirkens von Bruttoeinkommensverteilung und Präferenzintensität zum Zuge. Aus der Äquivalenzrelation (5.29) folgt, daß das Vorzeichen des ersten Klammerausdrucks der Definition des Koeffizienten c_A dem Verhältnis der Präferenzintensitäten der beiden Konsumenten entspricht. Besitzt der Medianwähler m eine stärkere Präferenz für Gut 1 als der Konsument $\bar{m}$, ist dieser Klammerausdruck positiv. Der Klammerausdruck $[\gamma_{\bar{m}} - \gamma_m(I_{\bar{m}}^b/I_m^b)]$ mißt den Einfluß der Einkommensverteilung. Unmittelbar fällt hier auf, daß im Falle einer gleichmäßigen Einkommensverteilung in dem Sinne, daß $\beta_{\bar{m}} = \beta_m$ und $\gamma_{\bar{m}} = \gamma_m$ gilt, auch $c_A = 0$ erfüllt ist. Neben diesem Fall der gleichmäßigen Einkommensverteilung sollen die Verteilungskombinationen $I_m^b = I_{\bar{m}}^b$ und $\beta_m = \beta_{\bar{m}}$ berücksichtigt werden. Legt man gleiches Bruttoeinkommen beider Konsumenten zugrunde, können bei gegebener Präferenzintensität und gegebenen Anspruchsparametern auf die Ausstattung der Ökonomie mit Faktor a und dem Umweltpotential die Vorzeichen des Ausdrucks c_A unmittelbar berechnet werden. Unterstellt man $\beta_m = \beta_{\bar{m}}$, kann c_A umgeformt werden zu

$$(5.31)\qquad c_A = \left[\frac{x_2^{\bar{m}}}{x_2} - \frac{x_1^{\bar{m}}}{x_1}\right]\left[\gamma_{\bar{m}} - \gamma_m\right] \frac{\beta_m p_E e}{I_m^b} \frac{p_A \omega_a}{I_{\bar{m}}^b}$$

und das Vorzeichen des Ausdrucks c_A ergibt sich direkt.

Nach diesen Erläuterungen zur Einkommenskomponente der Güternachfrage kann unter Berücksichtigung von (5.17), (5.19), (5.3o) die relative Änderung der Nachfragestruktur in (5.27) zusammengefaßt werden zu

$$(5.32)\qquad \hat{x}_2 - \hat{x}_1 = d_2(\hat{p}_e - \hat{p}_a) + d_3\hat{e} + c_A\hat{\omega}_a + c_\gamma\hat{\gamma}_m + c_\beta\hat{\beta}_m$$

mit

$$d_2 \equiv (-1)[\sigma_D|\Theta| + c_A]$$

$$d_3 \equiv (\eta_{2,s} - \eta_{1,s}) - c_A$$

5.5 Die komparative Statik des Gesamtmodells

Unter Berücksichtigung von (5.13) und (5.17) erhält man aus (5.2o), (5.24), (5.32) die komparative Statik des Gesamtmodells in Matrixschreibweise als

$$(5.33)\qquad \begin{bmatrix} 0 & -d_1 & 1 \\ 1 & -d_2 & -d_3 \\ -|\lambda| & \sigma_s|\Theta||\lambda| & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (\hat{x}_2-\hat{x}_1) \\ (\hat{p}_e-\hat{p}_a) \\ \hat{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta^m_{s,I}\hat{\omega}_a + \eta^m_{s,I}\hat{\gamma}_m + \eta^m_{s,p_Z}\hat{\beta}_m \\ c_A\hat{\omega}_a + c_\gamma\hat{\gamma}_m + c_\beta\hat{\beta}_m \\ \hat{\omega}_a \end{bmatrix}$$

Die einzelnen Ergebnisse des Gleichungssystems (5.33) sind nachstehend in Tabelle 5.1 zusammengefaßt. Die Auswirkungen exogener Änderungen der Erstausstattung ω_a sowie der Anspruchsparameter γ_m und β_m auf das Güterpreisverhältnis p, den Umweltbelastungspreis p_E und die Preisrelation p_E/p werden nicht explizit genannt, ergeben sich aber direkt und eindeutig aus (5.17) und (5.19).

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Tabelle 5.1 interessiert u.a. der Einfluß der "Abstimmungskomponente" des Markt- und Abstimmungsmodells auf das Allokationsergebnis. Anhand der komparativen Statik des Ein-Sektor-Modells in Kapitel 3 konnte bereits ein Einfluß des Nicht-Medianwählers auf die gesamtwirtschaftliche Allokation quantifiziert werden. Obwohl die Charakteristik des Medianwählers $[u_m, (\beta_m, \Theta_m, \Theta_m^{K+1}), \omega_a^m]$ keine Änderung aufwies, ergaben sich in dem in Tabelle 3.2, S.1o2 genannten Fall $\hat{\omega}_a^m = 0$ und $\hat{\omega}_a = -\hat{\gamma}_m \neq 0$ für den Medianwähler geänderte gleichgewichtige Datenkonstellationen. Eine Änderung der gesamtwirtschaftlichen Erstausstattung mit Faktor a, an welcher der Medianwähler nicht partizipierte, bewirkte eine Änderung der Preise auf dem Markt für Faktor a, was seinerseits über die Beeinträchtigung des gesamten Preisgefüges den Medianwähler vor geänderte Datenkonstellationen stellte. Damit konnte im Ein-Sektor-Modell eine Abschwächung der Entscheidungsposition des Medianwählers über den Faktormarkt konkretisiert werden. Im vorliegenden Zwei-Sektor-Modell ist neben dieser Beeinflussung über die Faktormärkte die Entscheidungsbefugnis des Medianwählers dadurch eingeschränkt, daß der Nicht-Medianwähler bei der Bildung der Sektorstruktur aufgrund seiner Nachfrage nach den rein privaten Konsumgütern einen nicht vernachlässigbaren Einfluß ausübt. Dieser Einfluß des Konsumenten $\bar{m}$ wird durch die in Beziehung (5.27), (5.3o) spezifizierten Größen σ_D, $(\eta_{2,s} - \eta_{1,s})$, c_A, c_β, c_γ quantifiziert.

In Tabelle 5.1 fällt eine ähnliche Struktur der Multiplikatoren

$\frac{(\hat{x}_2-\hat{x}_1)}{\hat{\omega}_a}$	$\frac{1}{\Delta}\left[\eta^m_{s,I}(d_3\sigma_s\lvert\Theta\rvert\lvert\lambda\rvert-d_2)+c_A(d_1+\sigma_s\lvert\Theta\rvert\lvert\lambda\rvert)+(d_2+d_1d_3)\right]$
$\frac{(\hat{x}_2-\hat{x}_1)}{\hat{\gamma}_m}$	$\frac{1}{\Delta}\left[\eta^m_{s,I}(d_3\sigma_s\lvert\Theta\rvert\lvert\lambda\rvert-d_2)+c_\gamma(d_1+\sigma_s\lvert\Theta\rvert\lvert\lambda\rvert)\right]$
$\frac{(\hat{x}_2-\hat{x}_1)}{\hat{\beta}_m}$	$\frac{1}{\Delta}\left[\eta^m_{s,p_Z}(d_3\sigma_s\lvert\Theta\rvert\lvert\lambda\rvert-d_2)+c_\beta(d_1+\sigma_s\lvert\Theta\rvert\lvert\lambda\rvert)\right]$
$\frac{(\hat{p}_e-\hat{p}_a)}{\hat{\omega}_a}$	$\frac{1}{\Delta}\left[(1-\eta^m_{s,I})+\lvert\lambda\rvert(c_A+\eta^m_{s,I}d_3)\right]$
$\frac{(\hat{p}_e-\hat{p}_a)}{\hat{\gamma}_m}$	$\frac{1}{\Delta}\left[-\eta^m_{s,I}+\lvert\lambda\rvert(c_\gamma+\eta^m_{s,I}d_3)\right]$
$\frac{(\hat{p}_e-\hat{p}_a)}{\hat{\beta}_m}$	$\frac{1}{\Delta}\left[-\eta^m_{s,p_Z}+\lvert\lambda\rvert(c_\beta+\eta^m_{s,p_Z}d_3)\right]$
$\frac{\hat{e}}{\hat{\omega}_a}$	$\frac{\lvert\lambda\rvert}{\Delta}\left[\eta^m_{s,I}(\sigma_s\lvert\Theta\rvert-d_2)+d_1c_A+d_1[\lvert\lambda\rvert]^{-1}\right]$
$\frac{\hat{e}}{\hat{\gamma}_m}$	$\frac{\lvert\lambda\rvert}{\Delta}\left[\eta^m_{s,I}(\sigma_s\lvert\Theta\rvert-d_2)+d_1c_\gamma\right]$
$\frac{\hat{e}}{\hat{\beta}_m}$	$\frac{\lvert\lambda\rvert}{\Delta}\left[\eta^m_{s,p_Z}(\sigma_s\lvert\Theta\rvert-d_2)+d_1c_\beta\right]$

mit $\Delta \equiv d_1[1-d_3\lvert\lambda\rvert]+\lvert\lambda\rvert[\lvert\Theta\rvert(\sigma_s+\sigma_D)+c_A]$

Tabelle 5.1

in den Zeilen 1,2,3 sowie 4,5,6 und zwischen den Zeilen 7,8,9 auf. Betrachten wir die Multiplikatoren in den Zeilen 4,5,6 näher.Während in der Zeile 4 und 5 jeweils die Einkommenselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers steht, ist in Zeile 6 die Preiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers notiert. Dies ist dadurch erklärbar, daß eine Änderung der Faktorausstattung des Medianwählers, unabhängig davon, ob diese Änderung verteilungsneutral ($\hat{\gamma}_m = 0$ und $\hat{\omega}_a \neq 0$) oder nicht verteilungsneutral ($\hat{\gamma}_m \neq 0$ und $\hat{\omega}_a = 0$) ist, zunächst beim Medianwähler einkommenswirksam ist. Eine Änderung der Ansprüche auf Umweltpotential hingegen ($\hat{\beta}_m \neq 0$) beeinflußt unmittelbar den Umweltbelastungspreis des Medianwählers. Diese unterschiedlichen Implikationen der Änderung der Ansprüche auf Faktor a und Umweltpotential waren bereits bei der komparativen Statik des Ein-Sektor-Modells in Tabelle 3.1 beobachtbar. Ebenfalls analog zu den Multiplikatoren des Ein-Sektor-Modells in Tabelle 3.1 erkennt man, daß der erste Ausdruck in der geschweiften Klammer der Zeile 5 in Tabelle 5.1 um ein additives Glied erweitert in Zeile 4 steht. Dies gilt entsprechend für die Zeilen 2 und 1 sowie 8 und 7. "Neu" an den Multiplikatoren der Tabelle 5.1 im Vergleich zu denjenigen der Tabelle 3.1 sind die additiven Glieder, die mit den Komponenten c_A, c_β, c_γ, d_2, d_3 "angereichert" sind. Die Symbole c_A, c_β, c_γ, d_2, d_3 wurden bei der Analyse der Nachfrage nach den rein privaten Konsumgüter in (5.3o) und (5.31) definiert. Damit liegt es nahe, die Multiplikatoren der Tabelle 5.1 zu interpretieren als eine Quantifizierung der qualitiven Behauptung, daß die Abstimmungskomponente im Zwei-Sektor-Modell an allokativer Bedeutung verliert.

Bedingungen, unter denen die in Tabelle 5.1 definierte Systemdeterminante Δ positiv ist, werden zusammengefaßt durch

Lemma 5.2:

Wenn die nachstehend aufgeführten Voraussetzungen (a), (b), (c)

und (d) erfüllt sind, ist die Systemdeterminante Δ des Gleichungssystems (5.33) positiv:

(a) Gut 2 wird relativ emissionsintensiv produziert ($k_2 > k_1$)

(b) Gut 2 ist im Konsum nicht umweltbelastungskomplementär, d.h. es gilt $\eta_{1,s} \geqq \eta_{2,s}$

(c) Umweltqualität ist für den Medianwähler ein normales Gut und Umweltbelastungen sind kein Giffen-Gut, d.h. es gilt $\eta^m_{s,I} \leqq 0$ und $\eta^m_{s,p_Z} \geqq 0$
Die Kreuzpreiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers ist nicht negativ, d.h. es gilt $\eta^m_{s,p} \geqq 0$

(d) $c_A \geqq 0$

Beweis:
Folgt unmittelbar aus der Definition von Δ.

Q.E.D

Unter den Voraussetzungen des Lemma 5.2 erhält man direkt aus Tabelle 5.1, daß eine Verbesserung der Ausstattung an Faktor a das Faktorpreisverhältnis zu Gunsten der Umweltnutzung verschiebt $[(\hat{p}_e - \hat{p}_a)/\hat{\omega}_a > 0]$. Dabei ist unterstellt, daß die zusätzliche Ausstattung an Faktor a verteilungsneutral den Konsumenten m und $\bar{m}$ zugeordnet wird. Wird die Verteilung des Faktors a - bei jetzt konstanter Faktorausstattung - zugunsten des Medianwählers verschoben und gilt $c_\gamma > 0$, d.h. hat der Konsument m eine relativ starke Präferenz für das emissionsintensiv produzierte Gut 2, ergibt sich ebenfalls eine Verschiebung des Faktorpreisverhältnisses zugunsten der Umweltnutzung $[(\hat{p}_e - \hat{p}_a)/\hat{\gamma}_m > 0]$. Hat hingegen der Konsument m eine relativ starke Präferenz für das relativ umweltfreundlich produzierte Gut 1, führt eine Umverteilung des Umweltpotentials zugunsten des Medianwählers zur Verbesserung des Faktorpreisverhältnisses für Faktor a $[(\hat{p}_e-\hat{p}_a)/\hat{\beta}_m<0]$.

Ebenfalls unter den Prämissen von Lemma 5.2 kann deduziert werden, daß eine Umverteilung der Ausstattung an Faktor a zugunsten des Medianwählers bei $c_\gamma \leqq 0$ in einer Reduktion der Umweltbelastung resultiert $[\hat{e}/\hat{\gamma}_m < 0]$ und bei $c_\beta \geqq 0$, d.h. relativ starker Präferenz des Medianwählers für das emissionsintensiv produzierte Gut, bewirkt eine Verschiebung der Anspruchstitel auf Umweltpotential zugunsten des m eine Erhöhung der Umweltbelastung $[\hat{e}/\hat{\beta}_m > 0]$. Die Vorzeichen der übrigen Multiplikatoren der Tabelle 5.1 können nur bei zusätzlichen Prämissen eindeutig bestimmt werden.

In der nachstehenden Tabelle 5.2 werden die Wirkungsrichtungen der komparativen Statik des Zwei-Sektor-Modells untersucht. Um den Einfluß des Nicht-Medianwählers auf das Allokationsergebnis zu betonen, wird in Tabelle 5.2 eine Falluntersuchung mit drei Fällen vorgenommen. In allen drei Fällen wird unterstellt, daß die Voraussetzungen des Lemma 5.2 Gültigkeit besitzen und zusätzlich verlangt, daß die beiden rein privaten Konsumgüter umweltbelastungsneutral im Konsum sind, d.h. $\eta_{1,s} = \eta_{2,s} = 0$ gilt. In Fall I wird davon ausgegangen, daß der Medianwähler m und der Nicht-Medianwähler $\bar{m}$ identische Charakteristika besitzen. Damit gilt

<u>Fall I:</u> $\quad x_1^m/x_2^m = x_1^{\bar{m}}/x_2^{\bar{m}} \; ; \; \gamma_m = \gamma_{\bar{m}} \; ; \; \beta_m = \beta_{\bar{m}}$

Der Fall II unterscheidet sich dadurch von Fall I, daß hier der der Nicht-Medianwähler eine relativ starke Präferenz für das emissionsintensiv produzierte Gut besitzt. Daher gilt

<u>Fall II:</u> $\quad x_1^m/x_2^m > x_1^{\bar{m}}/x_2^{\bar{m}} \; ; \; \gamma_m = \gamma_{\bar{m}} \; ; \; \beta_m = \beta_{\bar{m}}$

Bei Fall III werden die im Fall II zugrunde gelegten Unterschiede in den Präferenzen ergänzt durch Unterschiede in der Einkommensverteilung. Während die Ansprüche auf Zahlungen aus der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten für die Konsumenten m und

$\bar{m}$ identisch sind, wird unterstellt, daß der Nicht-Medianwähler relativ reichlich mit Faktor a ausgestattet ist. Damit gilt

<u>Fall III:</u> $x_1^m/x_2^m > x_1^{\bar{m}}/x_2^{\bar{m}}$; $\gamma_m < \gamma_{\bar{m}}$; $\beta_m = \beta_{\bar{m}}$

	$(\hat{x}_2 - \hat{x}_1)/\alpha$			$(\hat{p}_e - \hat{p}_a)/\alpha$			$\hat{e}/\alpha$		
Fälle	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$\alpha = \hat{\omega}_a$	⊖	⊖	?	⊕	⊕	⊕	?	?	?
$\alpha = \hat{\gamma}_m$	⊖	⊖	?	⊕	?	?	⊖	⊖	⊖
$\alpha = \hat{\beta}_m$	⊕	?	?	⊖	⊖	⊖	⊕	?	?

Tabelle 5.2

Im Zusammenhang mit dem Problem der Quantifizierung der Einflußmöglichkeiten des Medianwählers erscheinen die in Tabelle 5.2 in den Zeilen 2 und 3 aufgeführten allokativen Implikationen von Umverteilungsmaßnahmen von Interesse. Für den in Tabelle 5.2 genannten Fall I erhält man qualitativ die gleiche Reaktion des Faktorpreisverhältnisses und des Umweltbelastungszustandes auf verteilungspolitische Maßnahmen,wie im Ein-Sektor-Modell in Tabelle 3.2 spezifiziert. Wird demnach - wie durch Fall I der Tabelle 5.2 beschrieben - ausgehend von einer Gleichverteilung der

Medianwähler relativ reichlich mit Faktor a ausgestattet, impliziert dies eine (relative) Verteuerung des Faktors e $[(\hat{p}_e - \hat{p}_a)/\hat{\gamma}_m > 0]$. Der Knappheitsindikator der Faktoren e und a wird demnach wesentlich durch die Ausstattung des Medianwählers mit diesen Faktoren beeinflußt. Diese Aussage verliert ihre Gültigkeit, wenn im Zwei-Sektor-Modell hinreichende Unterschiede zwischen dem Medianwähler m und dem Konsumenten $\bar{m}$ vorliegen. Hinreichende Unterschiede werden im Fall II und erst recht im obigen Fall III unterstellt. Da im Fall III der Nicht-Medianwähler der "reiche" Konsument ist, besitzt er auf den privaten Gütermärkten einen entprechend großen Einfluß. Eine Umverteilung des Faktors a zugunsten des Medianwählers ($\hat{\gamma}_m > 0$) muß dann nicht notwendigerweise zu einer Verteuerung des Faktors e führen.

Entsprechend zu dem eben Gesagten fällt auf, daß im obigen Fall I - erneut in Analogie zum Ein-Sektor-Modell - der Umweltbelastungszustand direkt beeinflußt wird durch die Ansprüche des Medianwählers auf Umweltbelastungszahlungen $[\hat{e}/\hat{\beta}_m > 0]$. Auch hier können beim Vorliegen hinreichender Unterschiede zwischen Medianwähler und Konsument $\bar{m}$ (Fall II und Fall III) analoge Schlußfolgerungen gezogen werden.

Die in Tabelle 5.2 genannten qualitativen Aussagen lassen sich als Resultat eines Tâtonnement-Prozesses zu einem Bowen-Gleichgewicht interpretieren. Eine derartige Interpretation wird nachstehend für den Fall der verteilungsneutralen Erhöhung der Erstausstattung mit Faktor a gegeben. Die exogen gegebene Erhöhung der Erstausstattung selbst kann interpretiert werden als Ergebnis eines technischen Fortschrittprozesses, der Faktor a sparend ist. Wegen der zusätzlich vorhandenen Menge an Faktor a liegt auf dem Markt für diesen Faktor ein Überschußangebot vor. Dieses Überschußangebot wird durch Preissenkung des Faktors a abgebaut. Damit wird Faktor a im Vergleich zu Faktor e billiger, was wegen

der emissionsintensiveren Produktion in Industrie 2 ($k_2 > k_1$) zu einem Preisanstieg für Gut 2 in Bezug auf Gut 1 führt ($\hat{p} > 0$). Der Medianwähler reagiert mit seiner Umweltbelastungsnachfrage in folgender Weise auf die eingetretene Datenänderung: Einerseits ist wegen der höheren Erstausstattung mit Faktor a das Einkommen des Medianwählers gestiegen. Da die Einkommenselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers negativ ist ($\eta^m_{s,I} < 0$), macht sich die zusätzliche Erstausstattung in einem Rückgang der Umweltbelastungsnachfrage bemerkbar. Dieser Rückgang der Umweltbelastungsnachfrage wird allerdings abgeschwächt oder gar überkompensiert, denn einerseits wird der mit der zusätzlichen Anfangsausstattung verbuchte Einkommenseffekt durch die Preissenkung des Faktors a gemildert. Zum anderen implizieren die o.a. Preisreaktionen ($\hat{p}_Z > 0$, $\hat{p} > 0$) bei nicht negativer Preiselastizität und Kreuzpreiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers ($\eta^m_{s,p_Z} \geqq 0$, $\eta^m_{s,p} \geqq 0$) eine Zunahme der Nachfrage nach Umweltbelastungen. Welcher der einander entgegengesetzten Effekte letztlich dominiert, kann ohne weitere Einschränkungen nicht gesagt werden.
Zu erwähnen bleibt die Reaktion der Nachfrager auf den Märkten der rein privaten Konsumgüter. Da eine Erhöhung der Anfangsausstattung mit Faktor a den Preis des emissionsintensiv produzierten Gutes stärker verteuert als den Preis des Gutes 1 ($\hat{p} > 0$), konzentriert sich die Nachfrage verstärkt auf das relativ umweltschonend produzierte Gut 1 ($\hat{x}_2 - \hat{x}_1 < 0$). Besitzt der Nicht-Medianwähler eine stärkere Präferenz für das emissionsintensiv produzierte Gut 2 als Konsument m und ist bei identischen personellen Umweltbelastungspreisen ($\beta_m = \beta_{\bar{m}}$) der Nicht-Medianwähler relativ reichlich mit Faktor a ausgestattet ($\gamma_m > \gamma_{\bar{m}}$), wird die Verlagerung der Nachfrage auf das umweltschonend produzierte Gut abgeschwächt (Fall III). Dieser gegenläufige Effekt tritt auf, weil das Einkommen des Konsumenten $\bar{m}$ bei einer verteilungsneutralen Erhöhung der Faktorausstattung um einen größeren Betrag steigt als beim Medianwähler.

6. DAS ZWEI-REGIONEN-BOWEN-MODELL

6.1 Problemstellung

Anhand des Ein-Sektor-Modells sowie des Zwei-Sektor-Modells konnte eine Beschneidung des Einflußbereiches des Medianwählers bei allokativen Entscheidungen aufgezeigt werden. Neben diesen über die Faktor- und Gütermärkte laufenden Beeinflussungen der Position des Medianwählers können Einschränkungen der Entscheidungsbefugnis aus interregionalen Verflechtungen resultieren. Dies ist zum einen dann der Fall, wenn Regionen über gemeinsame Güter- und Faktormärkte miteinander in Kontakt stehen. Änderungen des Datenkranzes einer Region 2 beeinflussen dann - analog zu den im Konsumgüterbereich des Zwei-Sektor-Modells skizzierten Sektorstruktureffekten - über Preisreaktionen die Position des Medianwählers der Region 1. Zum zweiten wird die Stellung des Medianwählers dann geschwächt, wenn er über einen "gewissen" Teil der vorliegenden Umweltverschmutzung nicht entscheiden kann. Dies ist in einem Zwei-Regionen-Modell dann der Fall, wenn der Medianwähler der Region 1 keinen direkten Einfluß auf die Ermittlung der Umweltbelastungsnachfrage einer Region 2 besitzt, obwohl sein Wohlbefinden von dem dort gegebenen Umweltzustand abhängig ist. Sind zusätzlich die Umweltmedien eines Zwei-Regionen-Modells durch interregionale Schadstoffdiffusionen miteinander verknüpft, so daß die in einer Region 2 anfallenden Emissionen sowohl zu Umweltbelastungen in dieser Region als auch zu Umweltbelastungen in der Region 1 führen, bestimmt der Medianwähler dieser Region 2 gewissermaßen direkt über einen Teil der Umweltbelastungen der Region 1. Neben Gemeinsamkeiten mit der Problemstruktur des Ein- und Zwei-Sektor-Modells wird

daher durch die Analyse des Zwei-Regionen-Modells das vom Allokationsverfahren der Mehrheitswahl bisher angefertigte Bild um eine zusätzliche Dimension erweitert.

Im nachfolgenden Abschnitt wird zunächst ein einfaches Zwei-Regionen-Bowen-Modell spezifiziert. Ob in diesem Zwei-Regionen-Modell als Resultat der interregionalen Güter- und Faktormobilität eine Angleichung der Emissionssteuern erwartet werden kann, wird in Abschnitt 6.3 diskutiert. Abschnitt 6.4 präsentiert die komparativ-statische-Analyse des Zwei-Regionen-Modells. Damit wird die Frage gestellt, welche Implikationen unterschiedliche interregionale Einkommens- und Vermögensverteilungen auf die regionale Produktionsstruktur, die Umweltqualitätsverteilung zwischen beiden Regionen und die Emissionssteuerstruktur zwischen den beiden Regionen haben.

6.2 Die Modellgleichungen

Analog zum Zwei-Sektor-Modell ist im vorliegenden Zusammenhang eine Produktion der Region j = 1,2 ein Tripel (y^j, y_a^j, y_e^j),und die Produktionsfunktion G^j der Region j genügt

Annahme G4:

Die Produktionsfunktion der Region j erfüllt die Forderungen der Annahme G2 des Ein-Sektor-Modells mit dem Zusatz, daß alle Symbole hier noch mit dem Buchstaben j = 1,2 indiziert sind.

Beide Regionen verfügen über einen gemeinsamen Gütermarkt,auf dem das in den Regionen produzierte Gut gehandelt wird. Daher gilt

$$(6.1) \qquad y = y^1 + y^2 \quad \text{mit} \quad y^j = G^j(y_a^j, y_e^j) \quad \text{für } j = 1,2.$$

Wie die Outputgüter ist der Faktor a interregional vollständig mobil, womit bei Markträumung auf dem Faktormarkt gilt

(6.2) $\omega_a = y_a^1 + y_a^2$

Die Regionalisierung der Ökonomie erfolgt durch Zugrundelegung unterschiedlicher Umweltsysteme. Daher sind - nach den Ausführungen des Kapitels 2 (Abschnitt 2.4.4) - zwei "Emissionsmärkte" definiert, und eine notwendige Bedingung für ein Bowen-Gleichgewicht ist

(6.3) $y_e^1 = e_1$

(6.4) $y_e^2 = e_2$

Anhand der obigen Gleichungen wird ein wesentlicher Unterschied zum Zwei-Sektor-Modell deutlich. Während im Zwei-Sektor-Modell für jeden Faktor ein für beide Sektoren gemeinsamer Faktormarkt - und damit ein einheitlicher Preis für die Abgabe von Emissionen an die Umwelt - gegeben war, sind jetzt zwei lokale Märkte für Emissionen sowie zwei lokal abgegrenzte Märkte für Umweltbelastungen mit nicht notwendigerweise gleichen Preisen definiert. Das Preissystem der Zwei-Regionen-Ökonomie ist daher durch den Preisvektor $(p, p_a, p_{e1}, p_{e2}, p_{s1}, p_{s2})$ beschrieben. Werden die Relativpreise analog zum Ein-Sektor-Modell durch

$$p_A \equiv p_a/p \qquad p_{Ej} \equiv p_{ej}/p \qquad p_{Zj} \equiv p_{sj}/p \qquad \text{für } j=1,2$$

definiert, erhält man unter Berücksichtigung von (6.3),(6.4) die Implikationen des gewinnmaximierenden Verhaltens der Konsumgüterproduzenten als

(6.5) $p_A = G_1^1(y_a^1, e_1) = G_1^2(y_a^2, e_2)$

(6.6) $p_{E1} = G_2^1(y_a^1, e_1)$

(6.7) $p_{E2} = G_2^2(y_a^2, e_2)$

wobei $G_1^j(\cdot) \equiv [\partial G^j/\partial y_a^j]$ und $G_2^j(\cdot) \equiv [\partial G^j/\partial e_j]$ für j = 1,2 gilt.[1]

Die Umwelttechnologie der Ökonomie wird durch die linearen Funktionen

(6.8) $\quad z_1 = e_1 + \alpha e_2 \quad$ mit $\quad 0 \leqq \alpha \leqq 1$

(6.9) $\quad z_2 = (1-\alpha)\; e_2$

beschrieben.[2] Der Diffusionskoeffizient α ist dabei ein Maß zur Beurteilung der interregionalen Verflechtungen im Umweltbereich. Der Gewinn des Umweltproduzenten ist definiert als $\pi_{K+1} = \Sigma\, p_{Ej} e_j - \Sigma\, p_{Zj} z_j$. Aus den Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum des Umweltproduzenten ergibt sich für den Zusammenhang der Preise im Umweltbereich der Ökonomie

(6.10) $\quad p_{E1} = p_{Z1}$

(6.11) $\quad p_{E2} = \alpha p_{Z1} + (1-\alpha)\; p_{Z2}$

Die Emissionssteuer p_{Ej} gibt den Preis für die Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten durch Abgabe einer Einheit eines Kuppelproduktes an die Umwelt in Region j = 1,2 an. Da die Umwelttechnologie linear ist und aus Region 1 keine Schadstoffe nach Region 2 diffundieren, entspricht die Emissionssteuer in Region 1 dem - den Konsumenten gezahlten - Preis einer zusätzlichen Einheit an Umweltbelastungen in dieser Region. Dies ist für Emissionen,die in Region 2 an die Umwelt abgegeben werden, nicht der Fall. Eine dort emittierte Einheit des Kuppelproduktes führt in Region 1 zu einer Erhöhung der Umweltbelastung um das α - fache dieser Emissionseinheit sowie in Region 2 zu einer Erhöhung der dortigen Umweltbelastung um das $(1-\alpha)$-fache

1) Wie in den Kapiteln 3 und 5 wird hier "stillschweigend" immer von inneren Lösungen der Maximierungsprobleme ausgegangen.
2) Vgl. hierzu auch den von Siebert (1975),(1978 b),(1981 a) diskutierten regionalisierten Allokationsaspekt.

der Emissionseinheit. Der Preis der Abgabe einer Emissionseinheit in Region 2 setzt sich daher aus der gewichteten Summe der den Konsumenten gezahlten Preise für Umweltbelastungen in Region 1 und 2 zusammen. Dabei folgt aus (6.10),(6.11) direkt, daß die Emissionssteuer in Region 2 mindestens α-mal so hoch ist wie diejenige der Region 1.

Ein Konsum eines Konsumenten i besteht im Zwei-Regionen-Modell aus einem Tripel $(x^i, s_1^i, s_2^i) \in R_+^3$. Die über dem Konsumraum definierten Nutzenfunktionen u_i erfüllen

Annahme U5:

Die i = 1,...,N Nutzenfunktionen erfüllen die in Annahme U1 des Ein-Sektor-Modells genannten Bedingungen, wobei jetzt $s^i \equiv (s_1^i, s_2^i) \in R_+^2$ gilt.

Die Umweltbelastungsnachfrage einer Region wird dadurch ermittelt, daß alle in dieser Region angesiedelten Konsumenten anonym einem Wahlleiter ihre Umweltbelastungsnachfrage mitteilen und dieser hieraus die Medianumweltbelastungsnachfrage bestimmt. Damit ist für jeden Konsumenten das folgende Entscheidungsproblem definiert

$$\max u_i(x^i, s_1^i, s_2^i) \quad \text{u.d.B.} \quad px^i - \beta_i p_{sj} s_j^i \leqq pI_i \text{ und } s_{j'}^i = s_{j'}$$

Dabei ist j = 1 und j' = 2, wenn Konsument i in Region 1 angesiedelt ist, und j = 2, j' = 1 sonst. Wir gehen im folgenden davon aus, daß der Medianwähler jeder Region identifizierbar ist, was etwa der Fall ist, wenn in Analogie zur Annahme M1 des Ein-Sektor-Modells gilt. [1)]

1) Da mit Annahme M1 gefordert wird, daß mehr als 50% der Konsumenten der gesamten Ökonomie gleiche Charakteristika aufweisen, ist im Zwei-Regionen-Modell eine Situation denkbar in der - bei gleicher Bevölkerungszahl in beiden Regionen - alle Konsumenten mit gleicher Charakteristik vollständig in einer Region angesiedelt sind. In diesem möglichen Falle wäre trotz Gültigkeit der Annahme M1 eine Konstanz der Medianwähler in beiden Regionen nicht zwangsläufig gegeben.

<u>Annahmen M4:</u>

In jeder Region besitzen mehr als 5o% der dort angesiedelten Konsumenten die gleiche Charakteristik.

Es ist daher hinreichend, im folgenden vier Typen von Konsumenten zu unterscheiden. Ohne nennenswerte Änderung der Resultate der nachstehenden Analysen kann davon ausgegangen werden, daß von jedem der vier Typen genau ein "Exemplar" existiert. Mit mj bzw. $\overline{mj}$ wird dabei jeweils der Medianwähler bzw. Nicht-Medianwähler in Region j indiziert. Wird zusätzlich gefordert, daß ein Konsument für Umweltbelastungen in derjenigen Region, in der er nicht angesiedelt ist, keine Umweltbelastungszahlungen erhält, gilt

$$\beta_{mj} + \beta_{\overline{mj}} = 1 \quad \text{für} \quad j = 1,2$$

und wegen der Nullhomogenität der Nachfragefunktionen hinsichtlich der Preise und des Einkommens erhält man die Umweltbelastungsnachfrage der Region 1 und 2 als

$$(6.12) \qquad s_1 = S_{m1}(p_{Z1}^{m1}, I_{m1}, s_2)$$

$$(6.13) \qquad s_2 = S_{m2}(p_{Z2}^{m2}, I_{m2}, s_1)$$

mit $p_{Zj}^{mj} \equiv \beta_{mj}\, p_{Zj}$ und $I_{mj} \equiv \gamma_{mj}\, p_A\, \omega_a$ für $j = 1,2$. Der Parameter γ_{mj} beschreibt wie bisher den Anteil des Konsumenten mj an der Ausstattung der Gesamtökonomie mit Faktor a, womit gilt

$$\gamma_{m1} + \gamma_{\overline{m1}} + \gamma_{m2} + \gamma_{\overline{m2}} = 1$$

Da lineare Produktions- und Umwelttechnologien vorliegen und keine Zahlungen an Konsumenten der Region j für Umweltbelastungen in Region $j' \neq j$ geleistet werden, entspricht das Einkommen I_{mj} dem Wert der Ausstattung des Konsumenten mj mit Faktor a. Die

in (6.12) zum Ausdruck gebrachte funktionale Abhängigkeit der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers der Region 1 von der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers der Region 2 spiegelt den Einfluß der Umweltzustände in Region 2 auf die Konsumpläne des Konsumenten m1 und somit die Umweltbelastungsnachfrage der Region 1 wider. Falls hierbei gilt $[\partial S_{m1}/\partial s_2] = 0$, wird im folgenden auch von einer regionenneutralen Umweltbelastungsnachfrage gesprochen.

Analog zum Ein-Sektor-Modell ist im vorliegenden Zusammenhang bei gegebener Umweltbelastungsnachfrage in beiden Regionen die Ermittlung der Nachfrage nach dem privaten Gut für die Konsumenten trivial. Unter Berücksichtigung der unten aufgeführten Markträumungsbedingungen ist daher das Zwei-Regionen-Modell vollständig spezifiziert.

(6.14) $z_j = s_j \quad \text{für} \quad j = 1,2$

(6.15) $y = \Sigma x^i$

6.3 Emissionssteuerdifferenzierung

Die Frage, welche wirtschaftspolitischen Empfehlungen über die Regionalisierung von Emissionssteuern auszusprechen sind, wurde Anfang der 70er Jahre von Stein (1971), Peltzmann und Tidemann (1972) sowie Tietenberg (1974 a) im American Economic Review andiskutiert. Siebert [(1975), (1978 b), (1981 a)] erweiterte die Fragestellung durch Berücksichtigung alternativer institutioneller Gegebenheiten eines Mehr-Regionen-Systems. Die "Zweckmäßigkeit" differenzierter regionaler Emissionssteuern wurde dabei vorwiegend unter dem Gesichtspunkt der Allokationseffizienz beurteilt. Neben der Einschätzung regionalisierter Emissionssteuern ist die Beurteilung der Forderung nach national einheitlichen Umweltqualitätsniveaus in einem Mehr-Regionen-System von Interesse. Die Forderung nach national uniformer Umweltqualität

kann dabei interpretiert werden als die - im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland in Artikel 72 (2) und Artikel 1o6 (3) zum Ausdruck gebrachte - Forderung nach Gleichheit der Lebensverhältnisse in verschiedenen Regionen.[1] In diesem Abschnitt wird untersucht, unter welchen Voraussetzungen im vorliegenden Zwei-Regionen-Modell Bowen-Gleichgewichte mit uniformen Emissionssteuern und Umweltbelastungen erwartet werden können. Oder anders formuliert, sorgt die Güter- und Faktormobilität zwischen den Regionen dafür, daß sich am Ende eines Anpassungsprozesses zu einem Bowen-Gleichgewicht - analog zum Faktorpreisausgleichtheorem der Außenhandelstheorie - gleiche Emissionssteuern in beiden Regionen einstellen ?

Für den Zusammenhang zwischen den regionalen Emissionssteuern und den Umweltbelastungspreisen gilt zunächst wegen (6.10),(6.11)

$$(6.16) \qquad p_{E2} - p_{E1} = (1 - \alpha)(p_{Z2} - p_{Z1})$$

Ist demnach die Emissionssteuer in Region 2 größer als in Region 1, impliziert dies auch, daß der Preis für Umweltbelastungen in Region 1 größer ist als in Region 2 und vice versa. Entsprechendes gilt für die Gleichheit der Emissionssteuern zwischen beiden Regionen, womit das gleichgewichtige Verhältnis der Emissionssteuern in einem eindeutigen Zusammenhang mit dem gleichgewichtigen Verhältnis der Umweltbelastungspreise steht. Für den Zusammenhang zwischen den regionalen Umweltbelastungsniveaus und den Emissionen erhält man aus der Beschreibung der Umwelttechnologie (6.8) und (6.9)

$$(6.17) \qquad z_1 - z_2 = e_1 - (1 - 2\alpha)\, e_2$$

Aus diesem Grunde ist die Umweltbelastung in Region 1 dann und nur dann geringer als diejenige in Region 2, wenn in Region 1 weniger als das $(1-2\alpha)$-fache der Emissionen der Region 2 produziert wird. Dabei gilt $(1-2\alpha) < 1$. Eine notwendige

1) Vgl. hierzu Siebert (1975), (1978 b), (1981 a).

Bedingung dafür, daß bei positiven Emissionen die Umweltbelastung in Region 1 höchstens so groß wie diejenige in Region 2 ist, lautet $\alpha \leqq 1/2$. Wäre $\alpha > 1/2$, würde eine in Region 2 emittierte Einheit des Kuppelprodukts die Umweltbelastung in Region 1 um mehr als 1/2-Einheiten und diejenige der Region 2 um weniger als 1/2-Einheiten steigern. Die Gleichheit der Umweltqualität in beiden Regionen ist daher bei positiven Emissionen nur dann ein erreichbarer Zustand, wenn $0 \leqq \alpha \leqq 1/2$ gilt.

6.3.1 Identische, linear - homogene Produktionsfunktionen

Sind die Produktionsfunktionen in beiden Regionen identisch und linear-homogen und ist der gleichgewichtige Produktionsplan des Konsumgüterproduzenten in jeder Region ein "innerer" Produktionsplan, liegen im Bowen-Gleichgewicht identische regionale Emissionssteuersätze vor.[1] Bei identischen und linear-homogenen Produktionsfunktionen sind deshalb Gleichgewichte mit differenzierten regionalen Emissionssteuersätzen nur denkbar, wenn der gleichgewichtige Produktionsplan des Produzenten einer Region eine Randlösung des in Kapitel 2 beschriebenen Optimierungskalküls ist. Die Behauptung, identische regionale Emissionssteuersätze ergeben sich als Konsequenz identischer und linear-homogener Produktionsfunktionen sowie inneren Produktionsplänen, kann anhand des nachstehenden Schaubilds bewiesen werden.

Im Schaubild 6.1 ist der Definitionsbereich des Produktionsverfahrens $G = G^j$ für $j = 1,2$ durch die gepunktete Fläche hervorgehoben. Die mit II bezeichnete Kurve ist eine Isoquante, und die mit KK_1 bezeichnete Kurve gibt bei gleichen Emissionssteuersätzen in Region 1 und 2 eine Isokostengerade des Produzenten

---

1) Ein Produktionsplan (y^j, y_a^j, e_j) heißt "innerer" Produktionsplan, wenn gilt $(y^j, y_a^j, e_j) > 0$ und $y_a^j > \psi^j(e_j)$. Über die Funktion ψ^j wird dabei der Definitionsbereich der Produktionsfunktion G^j festgelegt. Vgl. hierzu Kapitel 3, S.66.

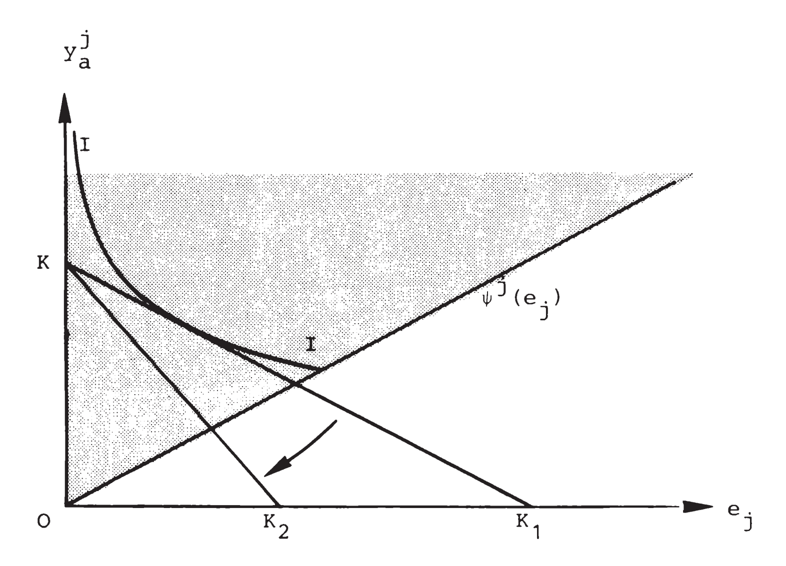


Schaubild 6.1

in Region 1 und 2 an. Wird jetzt - ausgehend von dieser Ausgangssituation - die Emissionssteuer in Region 2 erhöht, gilt $p_{E2} > p_{E1}$, und die Isokostengerade des Produzenten in Region 2 dreht sich - wie im Schaubild skizziert - um den Punkt K. Bei gleichen Kosten kann der Produzent in Region 2 jetzt nur eine geringere Menge von dem Outputgut herstellen. Folglich ist der Gewinn des Produzenten in Region 1 höher als derjenige in Region 2. Da die Produktionsfunktion linear-homogen ist, kann der Produzent in Region 1 durch Verdopplung seiner Inputs seinen Gewinn verdoppeln. Wäre dann der Gewinn des Produzenten in Region 1 in der - im Schaubild beschriebenen - Ausgangssituation positiv, würde dieser sein Gewinnmaximum bei einem Produktionsplan mit unendlichen Input- und Outputmengen realisieren. Da eine unendliche Produktion an dem Outputgut kein erreichbarer Zustand der Ökonomie ist, muß der Gewinn des Produzenten in Region 2 negativ sein. [1] Da keine Fixkosten vorliegen, stellt da-

1) Die Beschränktheit der Menge erreichbarer Zustände wurde mit Lemma 2.3 des Kapitels 2 gezeigt.

her bei $p_{E2} > p_{E1}$ der Produzent in Region 2 seine Tätigkeit ein, womit die obige Behauptung bewiesen ist.

Liegen identische linear-homogene Produktionsfunktionen vor, sind aus den eben genannten Gründen bei gleichen regionalen Emissionssteuersätzen beliebige Zuordnungen der Güterproduktion auf beide Regionen - ohne nähere Konkretisierung der Nachfrageseite - möglich. Insbesondere ist eine Zuordnung denkbar, bei welcher die Umweltbelastungen in beiden Regionen gleich sind. Ein Bowen-Gleichgewicht mit gleichen regionalen Umweltbelastungen ergibt sich unter den hier gegebenen Prämissen, wenn die Medianwähler in beiden Regionen über identische Charakteristiken verfügen und ihre Umweltbelastungsnachfrage regionenneutral ist. Dies kann wie folgt begründet werden: Aus (6.16) folgt, daß bei identischen regionalen Emissionssteuern auch identische regionale Umweltbelastungspreise vorliegen, d.h. $p_{Z1} = p_{Z2} = p_Z$ gilt. Da die Medianwähler in beiden Regionen identisch sind, gilt auch $\beta_{m1} = \beta_{m2} = \beta$, $I_{m1} = I_{m2} = I$ sowie $S_{m1} = S_{m2} = S$, und für die regionalen Umweltbelastungsnachfragen (6.12), (6.13) folgt

$$s_i = S(\beta p_Z, I, s_{i'}) \qquad \text{mit } i,i' = 1,2 \text{ und } i \neq i' .$$

Da die Umweltbelastungsnachfrage regionenneutral ist, kann dies auch geschrieben werden als

$$s_i = S(\beta p_Z, I) \qquad \text{für } i = 1,2$$

was $s_1 = s_2$ impliziert. Da bei identischen regionalen Emissionssteuern die Produktionspläne der Produzenten in beiden Regionen mit der Kuppelproduktion $e_1 = (1 - 2\alpha)\, e_2$ gewinnmaximal sind, folgt unter Berücksichtigung von (6.17) die Behauptung. Die Überlegung verdeutlicht ebenfalls, daß bei nicht-identischen Medianwählern in beiden Regionen die Gleichheit der Umweltbelastungen nicht behauptet werden kann. Es kann daher davon aus-

gegangen werden, daß die Faktor- und Gütermobilität im Falle identischer linear-homogener Produktionsfunktionen - läßt man Randlösungen unberücksichtigt - zwar zu einer Angleichung der Emissionssteuersätze zwischen den Regionen führt, die Gleichheit der Umweltqualitäten zwischen beiden Regionen jedoch in der Regel nicht erwartet werden kann.

6.3.2 Identische streng-konkave Produktionsfunktionen

Die im vorstehenden Abschnitt deduzierte Aussage über die Gleichheit der regionalen Emissionssteuersätze kann unter allgemeineren Prämissen nicht aufrechterhalten werden. Hier wird gezeigt, daß bei Wegfall der Forderung der linearen Homogenität selbst bei identischen Produktionsfunktionen nicht auf gleiche regionale Emissionssteuern geschlossen werden kann. Speziell wird die Gültigkeit folgender Behauptung geprüft: Sind die regionalen Produktionsfunktionen identisch und streng konkav, besitzen die Medianwähler der Region 1 und 2 identische Charakteristiken und ist deren Umweltbelastungsnachfrage regionenneutral, gilt im Bowen-Gleichgewicht $p_{E1} \neq p_{E2}$.

Diese Behauptung kann wie folgt überprüft werden: Sei $[\tilde{a}, \tilde{q}]$ das Bowen-Gleichgewicht der hier spezifizierten Ökonomie und im Gegensatz zur obigen Behauptung $\tilde{p}_{E1} = \tilde{p}_{E2}$ unterstellt. Wegen der interregionalen Faktormobilität, identischer regionaler Produktionsfunktionen und gleicher regionaler Emissionssteuersätze sind die Expansionspfade der Firmen in beiden Regionen gleich. Die strenge Konkavität der Produktionsfunktionen impliziert dann bei interregionaler Gütermobilität

$$\tilde{y}^1 = \tilde{y}^2 \quad , \quad \tilde{e}_1 = \tilde{e}_2 \quad , \quad \tilde{y}_a^1 = \tilde{y}_a^2$$

Da die Emissionssteuern in beiden Regionen übereinstimmen, gilt dies nach (6.16) auch für die Umweltbelastungspreise der beiden

Regionen. Da die Medianwähler identische Charakteristiken besitzen und ihre Umweltbelastungsnachfrage regionenneutral ist, folgt aus (6.12), (6.13)

$$\tilde{s}_1 = \tilde{s}_2$$

Unter Berücksichtigung von $\tilde{z}_i = \tilde{s}_i$ für i = 1,2 erhält man dann aus (6.17) aber

$$\tilde{e}_2 > \tilde{e}_1$$

womit ein Widerspruch vorliegt und die Behauptung gezeigt ist.

Aufgrund des eben diskutierten Beispiels könnte der Eindruck entstehen, daß regional differenzierte Emissionssteuern im Bowen-Gleichgewicht der vorliegenden Zwei-Regionen-Ökonomie ein Resultat der einbahnigen interregionalen Schadstoffdiffusionen sind. Diese Vermutung kann entkräftet werden, indem dieses Beispiel nach folgendem Muster modifiziert wird: Es wird der Diffusionskoeffizient $\alpha = 0$ gewählt. Ferner unterscheiden sich die Medianwähler in beiden Regionen ausschließlich dadurch, daß $\beta_{m1} \neq \beta_{m2}$ gilt. Die Umweltbelastungsnachfragen seien nicht umweltbelastungspreisunelastisch, und die übrigen Prämissen des vorstehenden Falles sind erfüllt. Aus den o.a. Gründen impliziert dann $\tilde{p}_{E1} = \tilde{p}_{E2}$ auch

$$\tilde{e}_1 = \tilde{e}_2 \qquad \text{und} \qquad \tilde{p}_{Z1} = \tilde{p}_{Z2} \quad .$$

Gleiche Umweltbelastungspreise in beiden Regionen implizieren aber aufgrund der Annahmen über die Medianwähler der beiden Reionen unterschiedliche Umweltbelastungsnachfragen in beiden Regionen, womit $\tilde{z}_1 \neq \tilde{z}_2$ folgt. Da keine interregionalen Schadstoffdiffusionen vorliegen ($\alpha = 0$) , ist dies nach der in diesem Kapitel präzisierten Umwelttechnologie aber nur bei

$$\tilde{e}_1 \neq \tilde{e}_2$$

möglich, womit die Unverträglichkeit identischer regionaler Emissionssteuern für ein Bowen-Gleichgewicht nachgewiesen ist.

6.4 Die komparative Statik des Zwei-Regionen-Modells

Bezeichnet $\sigma_j \equiv [G_1^j(\cdot)\, G_2^j(\cdot)]/[G^j(\cdot)\, G_{12}^j(\cdot)]$ die Substitutionselastizität der Produktion in Region j = 1,2 und $\Theta_{ej} \equiv [G_2^j(\cdot)\, e_j]/y^j$ bzw. $\Theta_{aj} \equiv [G_1^j(\cdot)\, y_a^j]/\, y^j$ den Anteil des Faktors a bzw. e am Wert der Produktion in Region j, erhält man durch totale Differentiation der Gleichungen (6.5), (6.6), (6.7) nach dem "∧" -Kalkül

$$(6.18) \qquad \hat{p}_A = \frac{\Theta_{e1}}{\sigma_1} \hat{k}_1 = \frac{\Theta_{e2}}{\sigma_2} \hat{k}_2$$

$$(6.19) \qquad \hat{p}_{E1} = \frac{-\Theta_{a1}}{\sigma_1} \hat{k}_1$$

$$(6.20) \qquad \hat{p}_{E2} = \frac{-\Theta_{a2}}{\sigma_2} \hat{k}_2$$

Dabei ist $k_j \equiv (e_j/y_a^j)$ als die Emissionsintensität der Produktion in Region j = 1,2 definiert. Da nach Annahme G4 die regionalen Produktionsfunktionen linear-homogen sind, ist nach dem Satz von Euler über homogene Funktionen für j = 1,2 auch $\Theta_{ej} + \Theta_{aj} = 1$ erfüllt. Aus (6.18), (6.19), (6.20) folgt, daß eine Erhöhung des Relativpreises für Faktor a die Produzenten in Region 1 und 2 dazu veranlaßt, das Faktoreinsatzverhältnis zu Ungunsten des Faktors a zu verändern, womit in beiden Regionen emissionsintensiver produziert wird. Eine Emissionssteuererhöhung in einer Region stellt einen Anreiz für den Produzenten in dieser Region dar, den Emissionsanfall seiner Produktion durch vermehrten Einsatz des Faktors a einzuschränken, was sich in einer Reduktion

der Emissionsintensität der Produktion in dieser Region bemerkbar macht. Definiert man in Analogie zum Zwei-Sektor-Modell den Anteil der in Region j zu Produktionsaktivitäten eingesetzten Menge des Faktors a an der Gesamtausstattung der Ökonomie als $\lambda_{aj} \equiv (y_a^j/\omega_a)$,erhält man nach dem "∧" -Kalkül aus (6.1), (6.2)

(6.21) $$\lambda_{a1}\hat{y}_a^1 + \lambda_{a2}\hat{y}_a^2 = \hat{\omega}_a$$

(6.22) $$\hat{y} = \frac{y^1}{y}\hat{y}^1 + \frac{y^2}{y}\hat{y}^2$$

(6,23) $$\hat{y}^j = \Theta_{aj}\hat{y}_a^j + \Theta_{ej}\hat{e}_j \qquad \text{mit } j = 1,2$$

Die Gleichungen (6.18) bis (6.23) beschreiben die komparative Statik der Angebotsseite des Zwei-Regionen-Modells. Dabei kann bei entsprechender Kombination der Gleichungen (6.18), (6.19), (6.20) die relative Änderung der Preisverhältnisse p_A, p_{E1}, p_{E2} wie folgt auf die relative Änderung des Faktorpreisverhältnisses p_{e1}/p_a zurückgeführt werden

(6.24) $$\hat{p}_A = -\Theta_{e1}(\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a)$$

(6.25) $$\hat{p}_{E1} = \Theta_{a1}(\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a)$$

(6.26) $$\hat{p}_{E2} = \Theta_{a2}(\hat{p}_{e2} - \hat{p}_a) = \frac{\Theta_{a2}\,\Theta_{e1}}{\Theta_{e2}}(\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a)$$

Aus (6.24), (6.25), (6.26) ist die strategische Bedeutung des Faktorpreisverhältnisses der Region 1 erkennbar. Steigt in Region 1 die Emissionssteuer stärker als der Preis des Faktors a, d.h. gilt $\hat{p}_{e1} > \hat{p}_a$, verändert sich einerseits das Tauschverhältnis zwischen Outputgut und Kuppelprodukt zu Gunsten des Kuppelproduktes in Region 1, d.h. es gilt $\hat{p}_{E1} > 0$. Zum anderen verschlechtert sich in beiden Regionen die Tauschrelation zwischen dem Outputgut und Faktor a für den Faktor. Die Verteue-

rung des Outputgutes, bezogen auf Faktor a in Region 2, ist dann in dieser Region durch eine entsprechende Erhöhung des Preises des "Inputgutes" Emissionen in Region 2 erklärbar. Damit kann im vorliegenden Modellzusammenhang die Änderung des Verhältnisses zwischen Faktor- und Güterpreisen eindeutig auf die Entwicklung des Faktorpreisverhältnisses in Region 1 zurückgeführt werden.

Neben der in (6.24), (6.25), (6.26) beschriebenen Entwicklung der Relativpreise ist - im Zusammenhang mit der im vorstehenden Abschnitt diskutierten Fragestellung der Emissionssteuerdifferenzierung - die Entwicklung des Verhältnisses der regionalen Emissionssteuersätze von Interesse. Aus der Differenz der Gleichungen (6.25), (6.26) ergibt sich hierfür

$$(6.27) \qquad \hat{p}_{e1} - \hat{p}_{e2} = \frac{1}{\Theta_{e2}} |\Theta| (\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a)$$

$$\text{mit} \quad |\Theta| \equiv \begin{vmatrix} \Theta_{a1} & \Theta_{a2} \\ \Theta_{e1} & \Theta_{e2} \end{vmatrix}$$

Die Entwicklung des Verhältnisses der Emissionssteuern zwischen beiden Regionen kann nicht - wie die relative Änderung der Relativpreise in (6.24), (6.25), (6.26) - eindeutig auf die Entwicklung des Faktorpreisverhältnisses in Region 1 zurückgeführt werden. Neben der relativen Änderung des Faktorpreisverhältnisses der Region 1 ist hier das Vorzeichen der Koeffizientendeterminante $|\Theta|$ von Bedeutung. Dabei gilt

$$|\Theta| \gtreqless 0 \quad \text{genau dann, wenn} \quad \frac{p_{E2}}{p_{E1}} \gtreqless \frac{k_1}{k_2}$$

Ist demnach die Produktion in Region 1 in dem Sinne emissionsintensiv, daß $(k_1/k_2) > (p_{E2}/p_{E1})$ gilt, verschlechtert sich bei einer Verbesserung des Faktorpreisverhältnisses p_{e1}/p_a das

Verhältnis der Emissionssteuern p_{e1}/p_{e2}. Das Vorzeichen der Koeffizientendeterminante $|\Theta|$ ist im vorliegenden Modellzusammenhang im Gegensatz zu den Resultaten des Zwei-Sektor-Modells nicht ausschließlich durch das Verhältnis der regionalen Emissionsintensitäten bestimmt, sondern zusätzlich vom Verhältnis der Emissionssteuern abhängig. Nach (6.16) kann dabei das Verhältnis der regionalen Emissionssteuern eindeutig auf das Verhältnis der regionalen Umweltbelastungspreise zurückgeführt werden. Werden etwa Umweltbelastungen in beiden Regionen mit identischen Bewertungskennziffern belegt, folgt aus (6.16) auch $p_{E2}/p_{E1} = 1$, womit der "Spezialfall" des Zwei-Sektor-Modells vorliegt. Entsprechend führt bei emissionsintensiver Produktion in Region 2 $(k_2 \geqq k_1)$ und hoher Umweltbelastungsbewertung in Region 2 $(p_{Z2} \geqq p_{Z1})$ eine Verschiebung des Faktorpreisverhältnisses zu Gunsten der Umweltnutzung $(\hat{p}_{e1} > \hat{p}_a)$ in Region 1 zu einer stärkeren prozentualen Steigerung der Emissionssteuer als in Region 2 $(\hat{p}_{e1} > \hat{p}_{e2})$. Wäre statt $p_{Z2} \geqq p_{Z1}$ aber $p_{Z2} < p_{Z1}$ erfüllt, könnte sowohl $\hat{p}_{e1} > \hat{p}_{e2}$ als auch das Gegenteil eintreten.

Analog zur komparativen Statik der Angebotsseite erhält man die komparative Statik des Umweltproduzenten durch Anwendung des "$\wedge$" -Kalküls auf die Gleichungen (6.8), (6.9), (6.10), (6.11). Bei Berücksichtigung von (6.14), (6.25), (6.26) folgt

(6.28) $$\hat{s}_1 = \varepsilon\, \hat{e}_1 + (1-\varepsilon)\, \hat{e}_2 \quad \text{mit } \varepsilon = e_1/(e_1+\alpha e_2)$$

(6.29) $$\hat{s}_2 = \hat{e}_2$$

(6.30) $$\hat{p}_{Z1} = \Theta_{a1}(\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a)$$

(6.31) $$\hat{p}_{Z2} = \tilde{\alpha}(\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a) \quad \text{mit } \tilde{\alpha} \equiv \frac{\Theta_{a1}}{(1-\alpha)} \frac{p_{E1}}{p_{Z2}} \left[\frac{k_1}{k_2} - \alpha\right]$$

Das Symbol $\varepsilon \equiv [\partial z_1/\partial e_1]\,[e_1/z_1]$ in Gleichung (6.28) ist de-

finiert als die Umweltbelastungselastizität der Region 1 in Bezug auf regioneneigene Emissionen. Analog wird $(1 - \varepsilon) \equiv [\partial z_1/\partial e_2][e_2/z_1]$ interpretiert als die Umweltbelastungselastizität der Region 1 bezüglich regionenfremder Emissionen. Die Elastizität $(1-\varepsilon)$ ist ein Maß für die Bedeutung der interregionalen externen Effekte im Umweltbereich der Ökonomie. Liegt $(1-\varepsilon)$ nahe bei null - was der Fall sein kann,wenn in Region 2 wenig Emissionen produziert werden oder der interregionale Schadstoffkoeffizient α sehr klein ist - ,hat ein einprozentiger Anstieg des Emissionsanfalls in Region 2 keinen spürbaren Einfluß auf den Umweltbelastungszustand der Region 1.

Aus den Gleichungen (6.30) und (6.31) ist erkennbar, daß die Entwicklung der relativen Umweltbelastungspreise nicht - wie dies bei der Entwicklung der relativen Faktorpreise in (6.24), (6.25), (6.26) der Fall war - eindeutig auf die Entwicklung des Faktorpreisverhältnisses der Region 1 zurückgeführt werden kann. Zwar impliziert nach (6.30) eine Verbesserung des Faktorpreisverhältnisses der Region 1 zu Gunsten der Umweltnutzung dort auch eine Erhöhung des Umweltbelastungspreises p_{Z1} . Die Reaktion des Umweltbelastungspreises der Region 2 ist aber neben der Entwicklung des Faktorpreisverhältnisses in Region 1 auch von dem Verhältnis der Emissionsintensitäten der Produktion in Region 1 und 2 abhängig. Je kleiner dabei der Schadstoffdiffusionskoeffizient α ist, umso eher kann trotz relativ emissionsintensiver Produktion in Region 2 eine gleichförmige Entwicklung zwischen dem Faktorpreisverhältnis in Region 1 und dem Umweltbelastungspreis p_{Z1} erwartet werden.

Die komparative Statik des Zwei-Sektor-Modells wird vervollständigt durch die Beschreibung der relativen Änderung der regionalen Umweltbelastungsnachfragen. Aus den Gleichungen (6.12), (6.13) folgt

$$(6.32) \qquad \hat{s}_1 = \eta^1_{p_{Z1}} (\hat{\beta}_{m1} + \hat{p}_{Z1}) + \eta^1_I \hat{I}_{m1} + \eta^1_{s_2} \hat{s}_2$$

$$(6.33) \qquad \hat{s}_2 = \eta^2_{p_{Z2}} (\hat{\beta}_{m2} + \hat{p}_{Z2}) + \eta^2_I \hat{I}_{m2} + \eta^2_{s_1} \hat{s}_1$$

mit $\hat{I}_{mj} = \hat{\gamma}_{mj} + \hat{p}_A + \hat{\omega}_a$ und $\eta^i_{p_{Zj}} \equiv \frac{\partial S_{mj}}{\partial p^{mj}_{Zj}} \frac{p^{mj}_{Zj}}{s_j}$ und

$\eta^j_I \equiv \frac{\partial S_{mj}}{\partial I_{mj}} \frac{I_{mj}}{s_j}$, $\eta^j_{s_{j'}} \equiv \frac{\partial S_{mj}}{\partial s_{j'}} \frac{s_{j'}}{s_j}$ für $j,j'=1,2$ und $j \neq j'$

Durch entsprechende Behandlung können die Gleichungen (6.18) bis (6.33) zu einem Gleichungssystem mit 3 endogenen Variablen zusammengefaßt werden, das in Matrixschreibweise lautet

$$(6.34) \qquad \begin{bmatrix} -\varepsilon & -d_1 & (1-\eta^1_{s_2}) \\ \varepsilon \eta^2_{s_1} & d_2 & (1-\eta^2_{s_1}) \\ -\lambda_{a1} & d_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (\hat{y}^2 - \hat{y}^1) \\ (\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a) \\ \hat{e}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \eta^1_I (\hat{\omega}_a + \hat{\gamma}_{m1}) + \eta^1_{p_{Z1}} \hat{\beta}_{m1} \\ \eta^2_I (\hat{\omega}_a + \hat{\gamma}_{m2}) + \eta^2_{p_{Z2}} \hat{\beta}_{m2} \\ \hat{\omega}_a \end{bmatrix}$$

mit $d_1 \equiv (\eta^1_{p_{Z1}} \Theta_{a1} - \eta^1_I \Theta_{e1}) + d_4 \varepsilon$

$d_2 \equiv -(\eta^2_{p_{Z2}} \tilde{\alpha} - \eta^2_I \Theta_{e1}) + d_4 \varepsilon \eta^2_{s_1}$

$d_3 \equiv \lambda_{a1} \Theta_{e1} \sigma_1 + (\lambda_{a2} + \lambda_{a1} \Theta_{a2})(\Theta_{e1}/\Theta_{e2}) \sigma_2 > 0$

$$d_4 \equiv \Theta_{a1}\,\sigma_2 \left[\frac{\sigma_1}{\sigma_2} - \frac{\Theta_{a2}\Theta_{e1}}{\Theta_{a1}\Theta_{e2}}\right]$$

Bevor die Ergebnisse des Gleichungssystems (6.34) genannt werden, erfolgt eine Verschärfung der bisher unterstellten Verhaltensannahmen über die Medianwähler durch

Annahme U6:

Für j = 1,2 gilt $\eta_I^j \leqq 0$, $\eta_{p_{Zj}}^j \geqq 0$ und $\eta_{s_{j'}}^j = 0$ mit $j' \neq j$ und $j' = 1,2$

Analog zum Ein-und Zwei-Sektor-Modell wird in Annahme U6 gefordert, daß Umweltqualität für die Medianwähler m1, m2 ein normales Gut ist und Umweltbelastungen keine Giffen-Güter für diese Konsumenten sind. Zusätzlich wird durch Annahme U6 unterstellt, daß Änderungen des Umweltbelastungszustandes in Region $j' \neq j$ die Nachfrage des Konsumenten mj nach Umweltbelastungen in Region j nicht beeinflußt, d.h. beim Medianwähler keine Substitutionseffekte auslöst. Dies kann dann der Fall sein, wenn Konsumenten gegenüber Umweltzuständen in fremden Regionen indifferent sind. Unter dieser Einschränkung der möglichen interregionalen Externalitäten können die Resultate des Gleichungssystems (6.34) durch die nachstehende Tabelle 6.1 zusammengefaßt werden. [1)]

Die in der Zeile 1 der Tabelle 6.1 aufgeführten gleichgewichtigen Reaktionen der interregionalen Produktionsstruktur (y_2/y_1), des Faktorpreisverhältnisses der Region 1 (p_{e1}/p_a) sowie des Emissionsanfalls in Region 2 (e_2) auf die Änderung des Gesamtbestandes an Faktor a der Ökonomie werden wesentlich vom Ver-

---

1) Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß in den nachstehenden Tabellen 6.1 und 6.2 nur Implikationen verteilungspolitischer Maßnahmen erfaßt sind, die jeweils einen Medianwähler - entweder den der Region 1 oder den Medianwähler der Region2 - betreffen. Die Implikationen verteilungspolitischer Aktionen,die beide Medianwähler berühren,lassen sich allerdings ohne weitere Schwierigkeit aus den hier aufgeführten "reinen" Effekten zusammensetzen.

	$(\hat{y}^2 - \hat{y}^1) / l$	$(\hat{p}_{e1} - \hat{p}_a) / l$	$\hat{e}_2 / l$
$l = \hat{\omega}_a$	$\frac{(\eta_I - 1)}{\Delta}(d_1+d_2)$ für $\eta_I^1=\eta_I^2=\eta_I$	$\frac{1}{\Delta}[\varepsilon(1-\eta_I^2)-\lambda_{a1}(\eta_I^1-\eta_I^2)]$	$\frac{1}{\Delta}[\lambda_{a1}(\eta_I^2 d_1+\eta_I^1 d_2)-\varepsilon(d_2-\eta_I^2 d_3)]$
$l = \hat{\gamma}_{m1}$	$\frac{\eta_I^1}{\Delta}(d_2-d_3)$	$\frac{-\eta_I^1}{\Delta}\lambda_{a1}$	$\frac{\eta_I^1}{\Delta}\lambda_{a1} d_2$
$l = \hat{\gamma}_{m2}$	$\frac{\eta_I^2}{\Delta}(d_1+d_3)$	$\frac{\eta_I^2}{\Delta}(\lambda_{a1}-\varepsilon)$	$\frac{\eta_I^2}{\Delta}(\lambda_{a1}d_1+\varepsilon d_3)$
$l = \hat{\beta}_{m1}$	$\frac{\eta^1_{p_{Z1}}}{\Delta}(d_2-d_3)$	$-\frac{-\eta^1_{p_{Z1}}}{\Delta}\lambda_{a1}$	$\frac{\eta^1_{p_{Z1}}}{\Delta}\lambda_{a1}d_2$
$l = \hat{\beta}_{m2}$	$-\frac{\eta^2_{p_{Z2}}}{\Delta}(d_1+d_3)$	$-\frac{\eta^2_{p_{Z2}}}{\Delta}(\lambda_{a1}-\varepsilon)$	$\frac{\eta^2_{p_{Z2}}}{\Delta}(\lambda_{a1}d_1+\varepsilon d_3)$

mit $\Delta \equiv d_2[\lambda_{a1}-\varepsilon]+\lambda_{a1}d_1+\varepsilon d_3$ und $\eta^j_{s_{j'}} = 0$ für $j,j' = 1,2$ und $j \neq j'$

Tabelle 6.1

hältnis der Einkommenselastizitäten der Konsumenten m1 und m2 beeinflußt. Diese Abhängigkeit der Reaktionsrichtung vom Verhältnis der Einkommenselastizität der Medianwähler ist - bei Nichtberücksichtigung der Systemdeterminante Δ - in den Ausdrücken der Zeilen 2 bis 5 der Tabelle 6.1 nicht gegeben. Unmittelbar fällt in Tabelle 6.1 - wie schon in den Tabellen 3.1 und 5.1 der Kapital 3 und 5 - eine Symmetrie der Ausdrücke in den Zeilen 2 und 4 sowie 3 und 5 auf. Die Wirkung, die von einer Änderung der Anspruchstitel auf Faktor a des Konsumenten m1 auf die gleichgewichtigen Werte der endogenen Variablen y_2/y, p_{e1}/p_a, e_2 ausgeht, unterscheidet sich ausschließlich dadurch von der Wirkung einer Änderung der Anspruchstitel auf Umweltpotential des Konsumenten m1, daß dessen Einkommenselastizität durch seine Preiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage ersetzt wird. Das entsprechende gilt für den Medianwähler der Region 2, wie aus den Zeilen 3 und 5 der Tabelle 6.1 erkennbar ist. Berücksichtigt man, daß unter den Prämissen der Annahme U6 und für $\tilde{\alpha} \geqq 0$ die Vorzeichen der Ausdrücke (d_1+d_3) und (d_2-d_3) einander entgegengesetzt sind, sieht man, daß eine Änderung der Anspruchsparameter auf Faktor a beim Konsument m2 grundsätzlich entgegengesetzt derjenigen bei Konsument m1 wirkt. Entsprechendes gilt für die Änderung der Anspruchsparameter auf Umweltpotential. Die Wirkung derartiger Änderungen auf das Faktorpreisverhältnis ist beim Medianwähler der Region 2 - wie in Spalte 2 und Zeile 3 bzw. 5 der Tabelle 6.1 erkennbar - um das "Korrekturglied" ε ergänzt. Wie bereits betont, ist dabei ε als Maß für die interregionalen externen Effekte im Umweltbereich interpretierbar.

Alternative Bedingungen, unter denen eindeutige Vorzeichenaussagen über die Systemdeterminante Δ des Gleichungssystems (6.34) deduzierbar sind, werden zusammengefaßt durch

Lemma 6.1:

Es gelten die Prämissen der Annahme U6. Unter dieser Voraussetzung ist die Systemdeterminante Δ positiv, wenn alternativ

eine der nachstehenden Bedingungen erfüllt ist

(a) $\lambda_{a1} \leqq \varepsilon$ und $\alpha \leqq (k_1/k_2)$ oder

(b) $\eta^2_{p_{Z2}} = 0$ und $|\eta^1_I| \geqq |\eta^2_I|$ oder

(c) $|\eta^1_{p_{Z1}}| \geqq |\eta^2_{p_{Z2}}|$ und $|\eta^1_I| \geqq |\eta^2_I|$ und

$$\alpha \leqq (k_1/k_2) \leqq \alpha + (1 - \alpha)\ (p_{Z2}/p_{Z1})$$

<u>Beweis:</u>

Folgt direkt aus der Definition von Δ

Q.E.D.

Mit Bedingung (a) wird einerseits gefordert, daß der zu Produktionsaktivitäten in Region 1 eingesetzte Anteil der Gesamtausstattung der Ökonomie mit Faktor a nicht größer ist als die Umweltbelastungselastizität der Region 1 hinsichtlich regioneneigener Emissionen. Im Extremfall eines Diffusionskoeffizienten $\alpha = 0$ liegen dabei keine interregionale externe Effekte im Umweltbereich vor, womit $\varepsilon = 1$ gilt und die Bedingung (a) des Lemma 6.1 immer erfüllt ist. Da sich $\lambda_{a1} \leqq \varepsilon$ umformen läßt zu $\lambda_{a2} \geqq \alpha e_2/(e_1 + \alpha e_2)$, kann dies auch dahingehend interpretiert werden, daß die "relative Bedeutung" des Faktors a (y^2_a/ω_a) in Region 2 zu Produktionszwecken größer ist als die "Bedeutung" der Umweltnutzung der Region 1 zu Produktionszwecken in Region 2. Zusätzlich zu dieser Bedingung wird in (a) gefordert, daß die Emissionsintensität der Produktion in Region 1 mindestens α-fach so groß wie diejenige der Region 2 ist. Alternativ zur Forderung (a) ist die Systemdeterminante Δ positiv, wenn die Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers der Region 2 preisunelastisch ist und die Einkommenselastizität der Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten m2 mindestens so groß ist wie diejenige des Konsumenten m1. Die Forderung der preisun-

elastischen Umweltbelastungsnachfrage des Konsumenten m2 kann - wie in Prämisse (c) des Lemma 6.1 - auf Kosten einer Festlegung eines Intervalles für das Verhältnis der Emissionsintensitäten und des Verhältnisses der Preiselastizitäten der Umweltbelastungsnachfragen verallgemeinert werden.

Unter Berücksichtigung der in Lemma 6.1 genannten Prämissen können Vorzeichenaussagen für die in Tabelle 6.1 zusammengefaßten Mutiplikatoren gemacht werden. Diese Vorzeichenaussagen sind nachstehend in Tabelle 6.2 zusammengefaßt. Dabei ist durch Berücksichtigung der Gleichungen (6.18) bis (6.23) der Informationsgehalt der Tabelle 6.2 entsprechend erweitert.

Bei Tabelle 6.2 fällt direkt eine gewisse Asymmetrie der Allgemeinheit der Vorzeichenaussagen zwischen Zeile 2,3 sowie 4,5 auf. Im Gegensatz zur Zeile 2 können die Vorzeichenaussagen der Zeile 3 in Spalte 1,3 und 6 nicht ohne weitere Einschränkung analog übertragen werden. Diese Asymmetrie ist zurückzuführen auf die asymmetrische Struktur der Umweltinterdependenzen des Modells, wie aus der Definition der Symbole d_1, d_2 in (6.34) deutlich wird.

Wie bei der Interpretation der Tabellen 3.1 und 5.1 können die Resultate aus Tabelle 6.2 als Ergebnis eines Tâtonnement-Prozesses interpretiert werden. Nachstehend werden die allokativen Implikationen der verteilungspolitischen Maßnahme $\hat{\gamma}_{m1} > 0$ und $\hat{\gamma}_{m2} = 0$ in dieser Weise interpretiert. Wird die Verteilung der Ansprüche auf Faktor a zugunsten des Medianwählers der Region 1 bei Konstanz der Ansprüche des Medianwählers der Region 2 auf Faktor a geändert, erhöht sich direkt das Einkommen von Konsument m1. Da die Einkommenselastizität der Umweltbelastungsnachfrage von Konsument m1 negativ ist, liegt auf dem Markt für Umweltbelastungen der Region 1 ein Angebotsüberschuß vor. Da ein Teil der in Region 2 an die Umwelt abgegebenen Kuppelpro-

	$(\hat{y}^2-\hat{y}^1)/l$	$(\hat{e}_2-\hat{e}_1)/l$	$\hat{k}_j/l$	$\hat{s}_1/l$	$\hat{s}_2/l$	$(\hat{p}_{e1}-\hat{p}_a)/l$	$(\hat{p}_{e1}-\hat{p}_{e2})/l$
$l = \hat{\omega}_a$	?	$\ominus$ für $\eta_I^1 = \eta_I^2$ bei (b) oder (c)	$\ominus$	?	?	$\oplus$	$\oplus$ für $\lvert\theta\rvert > 0$ $\ominus$ für $\lvert\theta\rvert < 0$
$l = \hat{\gamma}_{m1}$	$\oplus$	$\oplus$	$\ominus$	$\ominus$ bei (a)	$\oplus$	$\oplus$	$\oplus$ für $\lvert\theta\rvert > 0$ $\ominus$ für $\lvert\theta\rvert < 0$
$l = \hat{\gamma}_{m2}$	$\ominus$ für $\sigma_1 \geqq \sigma_2$ und $\lvert\theta\rvert \geqq 0$	$\ominus$	$\ominus$ bei (a)	$\oplus$ bei (a)	$\ominus$	$\oplus$ bei (a)	$\oplus$ für $\lvert\theta\rvert>0$; (a) $\ominus$ für $\lvert\theta\rvert<0$; (a)
$l = \hat{\beta}_{m1}$	$\ominus$	$\ominus$	$\oplus$	$\oplus$ bei (a)	$\ominus$	$\ominus$	$\ominus$ für $\lvert\theta\rvert > 0$ $\oplus$ für $\lvert\theta\rvert < 0$
$l = \hat{\beta}_{m2}$	$\oplus$ für $\sigma_1 \geqq \sigma_2$ und $\lvert\theta\rvert > 0$	$\oplus$	$\oplus$ bei (a)	$\ominus$ bei (a)	$\oplus$	$\ominus$ bei (a)	$\ominus$ für $\lvert\theta\rvert>0$; (a) $\oplus$ für $\lvert\theta\rvert<0$; (a)

Tabelle 6.2

dukte in Region 1 zu Umweltbelastungen führen, "überträgt" sich das Ungleichgewicht auf dem Markt für Umweltbelastungen der Region 1 auf die Emissionsmärkte beider Regionen. Um den gesamten Umweltmarkt erneut in einen gleichgewichtigen Zustand zu bringen, können zwei Reaktionsrichtungen unterschieden werden. Zum einen kann der Umweltmarktauktionator durch die Erhöhung der Umweltbelastungspreise p_{Z1} und p_{Z2} den Medianwählern beider Regionen Anreize zur vermehrten Bereitstellung von Umwelt zu Produktionsaktivitäten bieten. Da die Preiselastizität der Umweltbelastungsnachfrage für beide Medianwähler positiv ist, wird in Region 1 als Folge der Erhöhung der Umweltbelastungspreise der Ausgangseffekt der Reduktion der Umweltbelastungsnachfrage des Medianwählers m1 abgeschwächt, und in Region 2 resultiert eine Zunahme der Nachfrage nach Umweltbelastungen ($\hat{s}_2 > 0$). Bei der zweiten Reaktionsrichtung stehen die Auswirkungen des Ungleichgewichts auf dem Umweltmarkt auf die regionale Produktionsstruktur zur Debatte. Hier stellt der Umweltmarktauktionator durch Erhöhung der regionalen Emissionssteuern Anreize zur sparsameren Verwendung des Produktionsfaktors Umwelt zur Verfügung. Damit verschiebt sich das Faktorpreisverhältnis in beiden Regionen zu Gunsten der Umwelt ($\hat{p}_{ej} > \hat{p}_a$ für $j = 1,2$), was zur Reduktion der Emissionsintensität der Produktion in beiden Regionen führt. Da aus den o.a. Gründen in Region 2 mehr Umwelt zu Produktionsaktivitäten bereitgestellt wird, verlagert sich die Produktionsstruktur stärker auf Region 2 ($\hat{y}_2 > \hat{y}_1$).

7. SCHLUSSBETRACHTUNGEN

Zentrales Anliegen der Arbeit ist es, durch die Analyse von Gleichgewichtszuständen in einem Markt- und Abstimmungsmodell zu einem verbesserten Verständnis des Umweltproblems in einer demokratischen Gesellschaft mit marktwirtschaftlich orientiertem Wirtschaftssystem beizutragen. Den Überlegungen liegt die zentrale Prämisse zugrunde, daß Konsumenten das Recht zugestanden wird, nach Mehrheitsgrundsätzen über die Nutzung des öffentlichen Gutes Umwelt zu entscheiden. Anreize für den Einzelnen, einer Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten - und damit einer Umweltqualitätsverschlechterung - zuzustimmen, bilden im Modell individuelle Entschädigungszahlungen. Über diese Zahlungen wird das bei der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten entstehende Faktoreinkommen den Konsumenten direkt zugeführt. Mit dem Umweltproblem stellt sich daher das Distributionsproblem der personellen Zuordnung des Faktoreinkommens aus Umweltnutzungen. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, daß eine Lösung dieses Distributionsproblems - etwa aufgrund einer verfassungsmäßigen Übereinkunft - exogen durch den Parametervektor $(\beta_1,...,\beta_N)$ vorgegeben ist.

Werden Überlegungen zu Mehrheitswahlentscheidungen über Umweltnutzungen anhand eines Bowen-Modells angestellt, erhebt sich zunächst die Frage, ob bei solch einem dezentralen Allokationsverfahren unter plausibel erscheinenden Prämissen eine konsistente Abstimmung der Pläne der einzelnen Wirtschaftssubjekte möglich ist. Zur Überprüfung dieser Frage wird in Kapitel 2 ein entsprechend allgemeines Modell einer Bowen-Ökonomie vorgestellt und die Existenz eines Gleichgewichts dieser Bowen-Ökonomie gezeigt. Die drei charakteristischen Merkmale des

Bowen-Modells - die Abstimmungskomponente, die Marktkomponente und mögliche außermarktliche (externe) Einflüsse - wurden durch die Modellvarianten des Ein-Sektor-,Zwei-Sektor und Zwei-Regionen-Modells gewissermaßen in "reiner" Form diskutiert.

Mit der Darstellung einer Ein-Sektor-Ökonomie wird das Ziel verfolgt, auf hochaggregiertem Niveau die Implikationen des Mehrheitswahlverfahrens aufzuzeigen. Anhand des Konzepts einer individuellen Transformationskurve können die - bei gegebener Faktorausstattung, gegebener Technologie und gegebener Einkommensverteilung - erreichbaren Konsumkombinationen eines Wirtschaftssubjekts dargestellt werden. Unter Verwendung des Konzepts der individuellen Transformationskurve kann gezeigt werden, daß der Medianwähler nicht notwendigerweise individuell - beste Allokationen selektiert, wenn er sich als Mengenanpasser verhält. Folglich ist in Bowen-Ökonomien ein Freifahrerpotential enthalten. Liegt allerdings eine gleichmäßige Einkommensverteilung vor, verschwindet dieses Freifahrerpotential im Ein-Sektor-Modell (Satz 4.1). Im zweiten Teil des Kapitels 4 wird nachgewiesen, daß das Freifahrerpotential im Bowen-Modell auf ein Freifahrerproblem zurückgeführt werden kann, das bei Marktallokationen rein privater Güter in kleinen Ökonomien vorliegt. Über den "Markt" findet damit der Freifahrer Zugang zum Bowen-Mechanismus. Im Gegensatz zum Marktmechanismus verschwindet aber beim Bowen-Mechanismus in großen Ökonomien dieses Freifahrerproblem nicht (Satz 4.3).

An dem in Kapitel 5 formulierten Zwei-Sektor-Modell läßt sich die in einer Bowen-Ökonomie unterstellte Trennung zwischen den Entscheidungskalkülen der Konsumenten zur Bestimmung ihrer Umweltqualitätswünsche und ihrer Nachfrage nach privaten Gütern aufzeigen. Im Zwei-Sektor-Modell gibt es zwei Industrien,die unter Einsatz eines Faktors a und des Produktionsfaktors Umwelt zwei voneinander verschiedene Konsumgüter herstellen. Die Pro-

duktionsverfahren unterscheiden sich durch ihre "Umweltverträglichkeit". So fallen in der Industrie 2 pro eingesetzter Faktoreinheit a mehr Emissionen an als in Industrie 1, d.h. der Sektor 2 produziert emissionsintensiver. Denkbar wäre, daß die Konsumenten bei den Entscheidungen über ihren Konsum an beiden Gütern direkt diese unterschiedliche Umweltverträglichkeit der beiden Produktionsverfahren berücksichtigen. Dies ist im Bowen-Modell nicht der Fall. Durch ihre Entscheidungen bei der Wahl stellen die Konsumenten den Produktionssektoren insgesamt eine bestimmte Menge des Produktionsfaktors Umwelt zur Verfügung. Gemäß ihren Präferenzen entscheiden dann die Konsumenten im Aggregat durch ihre Nachfrage über die Aufteilung des Produktionsfaktors Umwelt auf beide Sektoren. Die unterschiedliche Umweltverträglichkeit wird dabei in den Preisen der Güter "verrechnet". Damit wird deutlich, daß bei diesem Verfahren die einzelnen Akteure mit einer minimalen Informationsausstattung - der Kenntnis der eigenen Charakteristik und der beobachteten Preise - auskommen.

Während mit der Analyse des Ein- und Zwei-Sektor-Modells beabsichtigt ist, die allokativen Implikationen einer unterschiedlichen Akzentuierung der Markt- und Abstimmungskomponente des Bowen-Modells aufzuzeigen, setzt die Analyse des Zwei-Regionen-Modells an der Beobachtung an, daß außermarktliche Gegebenheiten - etwa aus interregionaler Verflechtung resultierend - vorliegen können. Treten interregionale Schadstoffdiffusionen auf, entscheiden im Bowen-Modell des Kapitels 6 die Konsumenten einer Region zwar über den Umweltbelastungszustand dieser Region, die Bereitstellung des Produktionsfaktors Umwelt zu Produktionsaktivitäten in dieser Region wird aber von regionenfremden Akteuren mitbestimmt. Neben den Implikationen dieser Einschränkung der Entscheidungsbefugnis der Konsumenten einer Region steht in Kapitel 6 das Problem regional differenzierter Emissionssteuern zur Debatte. Geht man von einem Zwei-Regionen-Modell mit regional abgegrenzten Umweltsystemen aus und unterstellt

ferner, daß alle privaten Güter und Faktoren interregional vollständig mobil sind - Arbitragekalküle somit jegliche regionale Preisdifferenz der rein privaten Güter und Faktoren beseitigen -, stellt sich die Frage, ob, analog zum Faktorpreisausgleichstheorem der Außenhandelstheorie, eine Angleichung der regionalen Emissionssteuern erwartet werden kann. Da bei gleichen Emissionssteuern und identischen, streng konkaven regionalen Produktionsfunktionen in jeder Region gleiche Outputmengen hergestellt werden, liegen auch gleiche Emissionsmengen in beiden Regionen vor. Die diesen gleichen Emissionsmengen zugeordneten Umweltbelastungen werden nur unter speziellen Forderungen an die Präferenzen der Konsumenten bei der Wahl bereitgestellt. Folglich sind in aller Regel unterschiedliche Emissionssteuern in einem Mehr-Regionen-Bowen-Modell zu erwarten.

Wie bereits betont, stellt sich mit dem Umweltproblem das Distributionsproblem der personellen Zuordnung des bei der Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten erzielten Faktoreinkommens. Die Zusammenhänge zwischen diesem Distributionsaspekt und dem Allokationsaspekt oder präziser die Implikationen alternativer personeller Aufteilungen des Faktoreinkommens aus Umweltnutzungen auf die Bereitstellung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten, die sektorale und regionale Produktionsstruktur sowie das Preisgefüge werden in den komparativ statischen Untersuchungen der Kapitel 3,5 und 6 diskutiert. Unter den dort getroffenen Voraussetzungen ergibt sich, daß bei einer Änderung der Anspruchstitel auf das Faktoreinkommen aus Umweltnutzungen zu Gunsten einer homogenen Mehrheit ($\hat{\beta}_m > 0$) der Produktionsfaktor Umwelt relativ billiger wird $[(\hat{p}_e - \hat{p}_a) < 0]$. Diese Verschiebung der Faktorpreise impliziert im Ein-Sektor-Modell eine zusätzliche Nutzung der Umwelt zu Produktionsaktivitäten und damit eine Qualitätsverschlechterung der Umwelt sowie ein Ansteigen des Sozialproduktes. Aus der Analyse des Zwei-Sektor-Modells ergibt sich, daß nur bei hinreichender Ähnlichkeit der

Charakteristika der Konsumenten eine Verschiebung der Sektorstruktur zu Gunsten des emissionsintensiv produzierten Gutes erwartet werden kann, wenn die genannte verteilungspolitische Maßnahme durchgeführt wird. Erfolgt eine innerregionale Umverteilung der Ansprüche auf Faktoreinkommen aus Umweltnutzungen zum Vorteil einer Mehrheit in einer Region 1 eines Mehr-Regionen-Systems ($\hat{\beta}_{m1} > 0$), ist bei regional abgegrenzten Umweltsystemen sowie interregionaler Güter- und Faktormobilität mit einer Verlagerung der Güterproduktion auf Region 1 zu rechnen.

Wie schon in der Einleitung dieser Arbeit ausführlich dargelegt, sind Erweiterungen der hier vorgenommenen Überlegungen in verschiedener Richtung möglich. So bleiben etwa Anpassungsprozesse über interregionale Konsumentenmobilität, der in den Bürokratie-Modellen zum Ausdruck gebrachte beschränkte Entscheidungsbereich von Wählern, Probleme bei einer politischen Festlegung der Anspruchsrechte auf Umweltbelastungszahlungen, das Phänomen der Wahlabstinenz, intertemporale Aspekte des Umweltproblems u.a. unberücksichtigt. Im Zentrum der Arbeit steht die Darstellung und Diskussion des Umweltallokationsproblems in einer Bowen-Ökonomie.

ANHANG ZU KAPITEL 2

Beweis von Satz 2.1 (Existenz eines Bowen-Gleichgewichts).

Der nachstehende Beweis des auf Seite 48 formulierten Satzes über die Existenz eines Markt- und Abstimmungsgleichgewichtes der Zwei-Regionen-Ökonomie ist in fünf Teile untergliedert. Der Satz wird über eine entsprechende Anwendung des Fixpunktsatzes von Kakutani bewiesen. Zu diesem Zwecke erfolgt in Teil 1 des Beweises eine Kompaktifizierung der Zwei-Regionen-Ökonomie. In Teil 2 werden Stetigkeitseigenschaften von Korrespondenzen nachgewiesen, so daß die Voraussetzungen des Fixpunktsatzes erfüllt sind und in Teil 3 der Fixpunktsatz angewendet werden kann. In Teil 4 wird gezeigt, daß jeder Fixpunkt ein Bowen-Gleichgewicht der kompaktifizierten Ökonomie ist, weshalb in Teil 5 schließlich die Existenz eines Bowen-Gleichgewichts der nicht-kompaktifizierten Ökonomie deduziert werden kann.

1. Teil: Kompaktifizierung der Ökonomie

Zunächst gilt, daß die Menge der erreichbaren Allokationen der Ökonomie E nach Lemma 2.3 beschränkt ist. Damit ist die Menge der erreichbaren Konsumpläne (Produktionspläne) jedes Individuums in Ökonomie E_B, also die für ihn erreichbare Konsum- bzw. Produktionsmenge beschränkt. Sei nun L ein abgeschlossener Würfel im R^{n+4} mit Mittelpunkt null, der diese N+K+1 Mengen in seinem Inneren enthält. Es wird für i=1,...,N und j=1,...,K definiert

$$\hat{X}^i = X^i \cap L\ ,\ \hat{Y}^j \times \{o\} \times \{o\} = [Y^j \times \{o\} \times \{o\}] \cap L \quad \text{sowie } \hat{Y}^{K+1} = \bar{Y}^{K+1} \cap L$$

Dabei bezeichnet $\bar{Y}^{K+1}$ diejenige Menge, die man aus Y^{K+1} erhält, wenn die Gleichungen $z_1=Z_1(e_{n+1},e_{n+2})$ und $z_2=Z_2(e_{n+2})$ durch die

Ungleichungen $z_1 \geqq Z_1(e_{n+1}, e_{n+2})$ und $z_2 \geqq Z_2(e_{n+2})$ ersetzt werden. Offensichtlich ist $\bar{Y}^{K+1} \supset Y^{K+1}$ eine konvexe, abgeschlossene Menge, die Null als Element enthält. Zunächst gilt, daß $\hat{Y}^{K+1}$ als Schnittmenge abgeschlossener, konvexer Mengen, die null als Element enthalten ebenfalls diese Eigenschaften aufweist. Da L beschränkt ist, ist auch $\hat{Y}^{K+1}$ beschränkt. Analog ergibt sich die Kompaktheit und Konvexität der Mengen $\hat{X}^i$ und $\hat{Y}^j$.

2. Teil: Eigenschaften der Angebots- und Nachfragekorrespondenzen

Sei $C_i \equiv \{(p,s) \in R_+^{n+6} \mid$ es gibt ein $x^i \in B_i^b(p,s)$ derart, daß $u_i(x^i,s) \geqq u_i(x,s)$ für alle $x \in B_i^b(p,s)\}$. Da die Konsumenten nach Annahme (c.2) in bezug auf die Güter $l=1,..,n$ unersättlich sind, folgt $(p,s) \notin C_i$ für $p \equiv (p_x, p_e, p_s)$ und $p_x = o$, womit die Menge $H_i(p,s)$ für den genannten Punkt nicht definiert ist. Da die Korrespondenzen ζ, g, F, H homogen vom Grade null in den Preisen sind, $p \in R_+^{n+4}$ gilt und $(p,s) \notin C_i$ für $p_x = o$ gilt, kann ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen werden, daß das Preissystem in

$$P \equiv \{p \in R_+^{n+4} \mid \sum_{l=1}^{n+4} p_l = 1\}$$

liegt. Im folgenden werden die ursprünglich unbeschränkten Mengen durch ihre Kompakten, durch den Bogen "$\frown$" gekennzeichneten Teilmengen ersetzt. Auf diese Weise erhält man die kompakte Ökonomie $\hat{E}_B$.

Bezüglich der Eigenschaften der Gewinnfunktion $\hat{\pi}_j$ definiert als

$$\hat{\pi}_j(p) = \max \{\sum_{l=1}^{n} p_l y_l - \sum_{l=n+1}^{n+2} p_l y_l \mid y \in \hat{Y}^j\} \text{ für } j=1,..,K \text{ und}$$

$$\hat{\pi}_{K+1}(p) = \max \{(p_x, p_e)e - p_s z \mid (e,z) \in \hat{Y}^{K+1}\}$$

und der Angebotskorrespondenzen $\hat{g}, \hat{F}$ erhält man unmittelbar

Lemma 2.5

Die Gewinnfunktionen $\hat{\pi}_j$ sind stetig auf P für alle $j=1,..,K+1$ mit $\hat{\pi}_j(p) \geqq o$ und die Angebotskorrespondenzen $\hat{g}$ und $\hat{F}$ sind oberhalb-semistetig auf P mit jeweils nichtleeren konvexen Bildmengen $\hat{g}(p)$, $\hat{F}(p)$.

Beweis:

Da jedes $\hat{Y}^j$ kompakt ist und $[\Sigma_{l=1}^{n} p_l y_l^j - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} p_l y_l^j]$ sowie $[(p_x,p_e)e - p_s z]$ eine stetige Funktion auf $P \times \hat{Y}^j$ definiert, zeigt man über die selben Argumente wie Debreu (1959), S.59f. die Behauptung des obigen Hilfssatzes.

Q.E.D.

In Analogie zu Nikaido (1968),S. 274f. wird definiert

$P_i \equiv \{p \in P \mid I_i(p) > o$ und/oder $p_{n+l} > o$ mit $l=3$ für $i=1,\dots,N_1$ und $l=4$ für $i=N_1+1,\dots,N\}$.

Da $proj[l,\hat{X}^i] = proj[l,\hat{X}^j]$ für $l=1,\dots,n+4$ mit $i,j=1,\dots,N$ gilt, können die Vereinbarungen getroffen werden:

$$\hat{S}_l \equiv proj\ [n+2+l,\ \hat{X}^i] \quad \text{mit } l=1,2 \text{ und } i=1,\dots,N$$

$$\hat{S} \equiv \hat{S}_1 \times \hat{S}_2$$

$$\hat{X}_L^i \equiv proj\ [1,\hat{X}^i] \times \dots \times proj\ [n+2,\hat{X}^i]$$

Es werden für $i=1,\dots,N_1$ individuelle Umweltbelastungskorrespondenzen $\tilde{\tilde{\sigma}}_i$ dadurch definiert, daß die Urbildbereiche der auf S.34 definierten Korrespondenzen σ_i durch $P_i \times \hat{S}_2$ und deren Bildbereiche durch $\hat{S}_1$ ersetzt werden. Enthält $\tilde{\tilde{\sigma}}_i(p,s_2)$ für alle $(p,s_2) \in P_i \times \hat{S}_2$ genau ein Element, wird es durch die Funktion $\tilde{\sigma}_i$ definiert durch $\tilde{\tilde{\sigma}}_i(p,s_2) = \{ \tilde{\sigma}_i(p,s_2) \}$ ersetzt.

Lemma 2.6

Die Funktionen $\tilde{\sigma}_i : P_i \times \hat{S}_2 \to \hat{S}_1$ mit $i=1,\dots,N_1$ und $\tilde{\sigma}_i : P_i \times \hat{S}_1 \to \hat{S}_2$ mit $i=N_1+1,\dots,N$ sind stetig.

Beweis:

Im folgenden wird die Stetigkeit der $i=1,\dots,N_1$ Funktionen $\tilde{\sigma}_i$

gezeigt. Die Stetigkeit von $\tilde{\sigma}_i$ mit $i=N_1+1,\ldots,N$ zeigt man analog. Für die nachstehenden Ausführungen dieses Beweises gilt immer $i=1,\ldots,N_1$.

Zuerst wird die Stetigkeit der Budgetkorrespondenz $\tilde{B}_i: P_i \times \hat{S}_2 \to \hat{X}^i$ definiert als $\tilde{B}_i(p,s_2) = \{(x^i,s^i) \in \hat{X}^i \mid s_2^i = s_2$ und $p_x,p_e)x^i - \beta_i p_s s^i \leqq I_i(p)\}$ gezeigt. Für $(p,s_2) \in P_i \times \hat{S}_2$ ist die Existenz eines Punktes $(x^i,s^i) \in X^i$ mit $(p_x,p_e)x^i - \beta_i p_s s^i < I_i(p)$ gesichert. Dies ist so, da für $p \in P_i$ und $I_i(p) > o$ der Punkt $o \in \hat{X}^i$ die obige Ungleichung erfüllt. Für $I_i(p) = o$ und $p_{n+3} > o$, $s_2 \in \hat{S}_2$ erfüllt der Punkt $(x^i,s^i) \in \hat{X}^i$ mit $x^i = o$, $s_1^i > o$ die Ungleichung. M.a.W., die Existenz eines "cheaper points" ist gewährleistet, womit für jedes $(p,s_2) \in P^i \times \hat{S}_2$ die Mengen $\tilde{B}_i(p,s_2)$ ein nichtleeres Inneres haben.

Um die Oberhalb-Semistetigkeit von $\tilde{B}_i$ zu zeigen, sei $(x^n,s^n) \in \tilde{B}_i(p^n,s_2^n)$, $(p^n,s_2^n) \to (p,s_2)$ und $(x^n,s^n) \to (x,s)$ mit $(x,s) \in \hat{X}^i$, $(p,s_2) \in P_i \times \hat{S}_2$ vorausgesetzt. $(x,s) \notin \tilde{B}_i(p,s_2)$ impliziert dann $(p_x,p_e)x - \beta_i p_s s > I_i(p)$. Da $I_i(p)$, $(p_x,p_e)x$ und $\beta_i p_s s$ stetige Funktionen sind, erhält man für genügend großes n aber $(p_x^n, p_e^n)x^n - \beta_i p_s^n s^n > I_i(p^n)$ und $(x^n,s^n) \notin \tilde{B}_i(p^n,s_2^n)$, womit offensichtlich $(x,s) \in \tilde{B}_i(p,s_2)$ gilt.

Die Unterhalb-Semistetigkeit von $\tilde{B}_i(p,s_2)$ ist gezeigt, wenn für $(p^n,s_2^n) \to (p,s_2)$, $(x,s) \in \tilde{B}_i(p,s_2)$ eine Folge $(x^n,s^n) \in \hat{X}^i$ derart gefunden werden kann, daß $(x^n,s^n) \in \tilde{B}_i(p^n,s_2^n)$ und $(x^n,s^n) \to (x,s)$ gilt. Da für jedes $(p,s_2) \in P_i \times \hat{S}_2$ ein cheaper Point existiert, können analog zu Debreu (1959), S. 79 f. Folgen definiert werden, welche die eben genannte Eigenschaft besitzen.

Da die Nutzenfunktionen U_i stetige reellwertige Funktionen sind, $\hat{X}^i$ kompakt ist und $\tilde{B}_i$ stetig ist, findet der Maximumsatz von Berge Anwendung, d.h. die individuellen Nachfragekorrespondenzen

$\tilde{h}_i : P_i \times \hat{S}_2 \to \hat{X}^i$ sind oberhalb semistetig. Da die Nutzenfunktionen u_i streng quasi-konkav sind, besitzen sie über der konvexen, kompakten Menge $\tilde{B}_i(p,s_2)$ genau ein Maximum, womit $\tilde{h}_i(p,s_2)$ für alle $(p,s_2) \in P_i \times \hat{S}_2$ genau ein Element enthält und im folgenden durch die Funktion $\tilde{\tilde{h}}_i$, definiert als $\tilde{h}_i(p,s_2) = \{\tilde{\tilde{h}}_i(p,s_2)\}$ ersetzt wird. Da $\tilde{h}_i$ oberhalb-semistetig ist, folgt die Stetigkeit der Funktionen $\tilde{\tilde{h}}_i$ und $\tilde{\sigma}_i$, definiert als $\tilde{\sigma}_i(p,s_2) = \text{proj}\ [n+3,\ \tilde{\tilde{h}}_i(p,s_2)]$.

Q.E.D.

Sei $P^{\square} \equiv \{p \in P \mid p > o\}$ und $\bar{P}^{\square}$ die abgeschlossene Hülle von $P^{\square}$. Da nach Annahme (c.3) $\omega^i \in R^n_{++}$ für jedes $i=1,..,N$ gilt und nach Lemma 2.5 $\hat{\pi}_i(p) \geqq o$ für jedes $p \in P$, ist für $p > o$ auch $I_i(p) > o$ erfüllt was $P^{\square} \subset P_i$ impliziert. Aus $P^{\square} \subset P_i \subset P$ und $\bar{P}^{\square} = P$ folgt $\bar{P}_i = P$, wobei $\bar{P}_i$ die abgeschlossene Hülle der Menge P_i bezeichnet. Daher sind die Voraussetzungen der Theoreme 4.7 und 4.8 in Nikaido (1968), S. 72 erfüllt, womit für $i=1,..N_1$ eine Fortsetzung $\bar{\sigma}_i$ der Funktion $\tilde{\sigma}_i$ auf $P \times \hat{S}_2$ derart konstruiert werden kann, daß $\bar{\sigma}_i(p,s_2) = \tilde{\sigma}_i(p,s_2)$ für alle $(p,s_2) \in P_i \times \hat{S}_2$ gilt und $\bar{\sigma}_i$ eine stetige Funktion ist mit $\bar{\sigma}_i(p,s_2) \in \text{proj}\ [n+3,\ \hat{B}_i(p,s_2)]$. Analog zum eben Gesagten werden die $i=N_1+1,..,N$ "modifizierten" individuellen Umweltbelastungsnachfragefunktionen $\bar{\sigma}_i(p,s_1)$ definiert.

Lemma 2.7

Die Korrespondenz $\bar{\zeta} : P \times \hat{S} \to \hat{S}$, definiert als

$$\bar{\zeta}(p,s) = \underset{i=1,..,N_1}{\text{median}}\ \bar{\sigma}_i(p,s_2) \times \underset{i=N_1+1,..,N}{\text{median}}\ \bar{\sigma}_i(p,s_1)$$

ist oberhalb semistetig mit nichtleeren, konvexen Bildmengen $\bar{\zeta}(p,s)$ für jedes $(p,s) \in P \times \hat{S}$.

Beweis:

Da die $\bar{\sigma}_i$ Funktionen sind, gilt für jedes $(p,s_2) \in P \times \hat{S}_2$ und $i=1,...,N_1$ auch $\bar{\sigma}_i(p,s_2) \neq \emptyset$. Analog ist für $i=N_1+1,...,N$ und

$(p,s_1) \in P \times \hat{S}_1$ auch $\bar{\sigma}_i(p,s_1) \neq \emptyset$ erfüllt. Daher ist $\underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p,s_2)$ und $\underset{i=N_1+1,...,N}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p,s_1)$ nichtleer.

Die Menge $\bar{\zeta}(p,s)$ ist als kartesisches Produkt der Mengen $\underset{i=1,...,N_1}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p,s_2)$ und $\underset{i=N_1+1,...,N}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p,s_1)$ konvex, wenn die beiden "Medianmengen" konvex sind. Sei $s_1', s_1'' \in \underset{i=N_1+1,...,N}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p,s_2)$, $s_1' < s_1''$, $s_1^\lambda = \lambda s_1' + (1-\lambda)s_1''$ und $0 < \lambda < 1$. Da $s_1' < s_1^\lambda$ folgt

$$\frac{\# I}{2} \leqq \# \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(p,s_2) \leqq s_1'\} \leqq \# \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(p,s_2) \leqq s_1^\lambda\}$$

wobei $I \equiv \{1,..,N_1\}$. Wegen $s_1^\lambda < s_1''$ folgt

$$\frac{\# I}{2} \leqq \# \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(p,s_2) \leqq s_1''\} \leqq \# \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(p,s_2) \geqq s_1^\lambda\}$$

Daher ist $s_1^\lambda \in \underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p,s_2)$. Daß $\underset{i=N_1+1,...,N}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p,s_1)$ eine konvexe Menge ist zeigt man analog.

Da $\hat{S}_1$, $\hat{S}_2$ kompakte Mengen sind, ist die Korrespondenz $\bar{\zeta}$ als kartesisches Produkt der Korrespondenzen median $(\bar{\sigma}_1,..,\bar{\sigma}_{N_1})$ und median $(\bar{\sigma}_{N_1+1},...,\bar{\sigma}_N)$ oberhalb-semistetig, wenn die genannten "Mediankorrespondenzen" oberhalb-semistetig sind. Es wird die Oberhalb-Semistetigkeit der Korrespondenzen median $(\bar{\sigma}_1,..,\bar{\sigma}_{N_1})$ gezeigt. Sei $(p^n,s_2^n) \to (\bar{p},\bar{s}_2)$, $s_1^n \to \bar{s}_1$, $s_1^n \in \underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(p^n,s_2^n)$ und $\bar{s}_1 \notin \underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \bar{\sigma}_i(\bar{p},\bar{s}_2)$ unterstellt. Dann gilt aber

$\# \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(\bar{p},\bar{s}_2) \geqq \bar{s}_1\} < \frac{\# I}{2}$ oder

$\# \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(\bar{p},\bar{s}_2) \leqq \bar{s}_1\} < \frac{\# I}{2}$ mit $I \equiv \{1,..,N_1\}$.

Sei $\# \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(p,s_2) \geqq \bar{s}_1\} < \frac{\# I}{2}$ unterstellt. Da die Funktionen $\bar{\sigma}_i$ stetig sind, folgt bei großem n für jedes $i \in I$, welches $\bar{\sigma}_i(p^n,s_2^n) \geqq s_1^n$ erfüllt, auch $i \in \{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(\bar{p},\bar{s}_2) \geqq \bar{s}_1\}$.

Daher ist $\#\{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(p^n,s_2) \geqq s_1^n\} < \frac{\#I}{2}$ und

$s_1^n \notin \underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \; \bar{\sigma}_i(p^n,s_2^n)$.

Analog zeigt man für den Fall $\#\{i \in I \mid \bar{\sigma}_i(\bar{p},\bar{s}_2) \leqq \bar{s}_1\} < \frac{\#I}{2}$

die Implikation $s_1^n \notin \underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \; \bar{\sigma}_i(p^n,s_2^n)$, womit die Oberhalb-Semistetigkeit der Korrespondenz $\underset{i=1,..,N_1}{\text{median}} \; \bar{\sigma}_i$ gezeigt ist.

Q.E.D.

Die i=1,...,N Nachfragekorrespondenzen nach privaten Gütern $\hat{H}_i$ werden dadurch definiert, daß die Urbildbereiche der, durch Beziehung (2.7), (2.7a), S.45, definierten Korrespondenzen H_i durch $P \times \hat{S}$ und deren Bildbereiche durch $\hat{X}^i_L$ ersetzt werden. Dabei kann für $p \in P_i$ mit $p_x = o$, $p_s > o$ und $s \in \hat{S}$ mit $s = o$ für einige i die bedingte Budgetkorrespondenz $\hat{B}^b_i : P \times \hat{S} \to \hat{X}^i_L$ im genannten Punkt (p,s) unstetig sein. Dies läßt sich für den Fall eines privaten Gutes und eines Umweltbelastungsindikators anhand des nachstehenden Diagramms verdeutlichen.

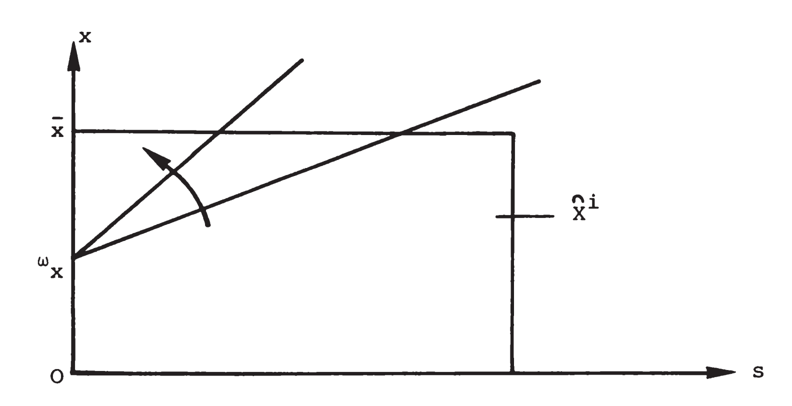


Schaubild 2.7

Für $p^n \rightarrow p$, $s^n \rightarrow s$ mit $p \equiv (p_x,p_s) \neq p^n$, $p_x = o$, $p_s = 1$ und $s^n = s = o$ gilt in Schaubild 2.7 $[o,\omega_x]=\hat{B}_i^b(p^n,s^n)$ und $[o,\bar{x}]=\hat{B}_i^b(p,s)$, womit die bedingte Budgetkorrespondenz $\hat{B}_i^b$ im genannten Punkt (p,s) unstetig ist. Aus diesem Grund wird definiert:

$R_i \equiv \{(p,s) \in P \times \hat{S} \mid \hat{H}_i \text{ ist stetig in } (p,s)\}$

$R^\square \equiv \{(p,s) \in P \times \hat{S} \mid p > o \text{ und } s > o\}$

Lemma 2.8

(a) Für jedes i = 1,..,N gilt $R^\square \subset R_i$

(b) Wenn $p \in \{p \in P \mid p_x = o,\ p_s \geq o\}$ und $s \in \hat{\zeta}\ (p,s)$ gilt, ist $\hat{H}_i(p,s)$ für mindestens ein $i \in \{1,..,N\}$ stetig.

Beweis:

Da für jedes $(p,s) \in P \times \hat{S}$ die Menge $\hat{B}_i^b(p,s)$ kompakt ist und u_i stetige Funktionen sind, folgt nach dem Weierstrass-Satz $\hat{H}_i(p,s) \neq \emptyset$ für jedes i. Wegen der strengen Quasikonkavität der i=1,..,N Nutzenfunktionen u_i besitzen diese über der konvexen, kompakten Menge $\hat{B}_i^b(p,s) \times \{s\}$ mit $s \in \hat{S}$, $\hat{B}_i^b(p,s) \subset \hat{X}_L^i$ genau ein Maximum, womit $\hat{H}_i(p,s)$ für alle $(p,s) \in P \times \hat{S}$ genau ein Element enthält und im folgenden durch die Funktion $\hat{\hat{H}}_i$, definiert als $\hat{H}_i(p,s) = \{\hat{\hat{H}}_i(p,s)\}$ ersetzt wird.

(a) Jetzt wird $R^\square \subset R_i$ für jedes i=1,..,N gezeigt. Sei $p \in P$ mit $p \equiv (p_x,p_e,p_s)$ und $p_x \geq o$ unterstellt. Da wegen Annahme (c.3) für jedes i=1,..,N $\omega^i \in R^n_{++}$ gilt, ist $I_i(p) > o$ für jedes i=1,..,N. Da $\hat{S} \subset R^2_+$ folgt $I_i(p) + \beta_i p_s s > o$, womit der Punkt $x \in \hat{X}_L^i$ mit x=o die Bedingung $(p_x,p_e)\ x < I_i(p) + \beta_i p_s s$ erfüllt. Daher zeigt man analog zum Beweis des Lemma 2.6 die Stetigkeit der Funktion $\hat{\hat{H}}_i$ in allen $(p,s) \in \overset{\infty}{P} \times \hat{S}$, wobei $\overset{\infty}{P} \equiv \{p \in P \mid p_x \geq o\}$. Da $R^\square \subset \overset{\infty}{P} \times \hat{S}$ und $\overset{\infty}{P} \times \hat{S} \subset R_i$, folgt die Behauptung $R^\square \subset R_i$.

(b) Im folgenden wird die Behauptung (b) für $p_{n+3} > o$ bewiesen. Diese Behauptung ist bewiesen, wenn für $i \in \{1,\ldots,N_1\}$ die Stetigkeit der Funktion $\hat{\hat{H}}_i$ in jedem Punkt (p,s) mit $p \in \hat{P} \equiv \{p \in P \mid p_x = o,\ p_{n+3} > o\}$, $s \equiv (s_1,s_2)$, $s_2 \in \hat{S}_2$, $s_1 \in \underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}}\ \hat{\sigma}_i(p,s_2)$ gezeigt ist.

Für $p \in \hat{P}$, $s_2 \in \hat{S}_2$ folgt nach Annahme (c.2) $\hat{\sigma}_i(p,s_2) = o$ für jedes $i=1,\ldots,N_1$. Dies ist so, da $(p,s_2) \in \hat{P} \times \hat{S}_2$ für jedes $i=1,\ldots,N_1$ $\hat{B}_i(p,s_2) = \hat{X}^i_s$ mit $\hat{X}^i_s \equiv \hat{X}^i_L \times \hat{S}_1 \times \{s_2\}$ impliziert, womit $(\bar{x},\bar{s}) \in \hat{B}_i(p,s_2)$ mit $\bar{x} = \max \hat{X}^i_L$ und $\bar{s} = (o,s_2)$ gilt. Aufgrund der strengen Monotonie der Nutzenfunktionen gilt $u_i(\bar{x},\bar{s}) > u_i(x,s)$ für alle $(x,s) \neq (\bar{x},\bar{s})$ und $(x,s) \in \hat{B}_i(p,s_2)$, was $\hat{\sigma}_i(p,s_2) = o$ für jedes $i=1,\ldots,N_1$ impliziert. Daher ist für $(p,s_2) \in \hat{P} \times \hat{S}_2$ auch $\underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}}\ \hat{\sigma}_i(p,s_2) = \{o\}$. Wegen $\hat{P} \subset P_i$ sind nach Lemma 2.6 und 2.7 in jedem $(p,s_2) \in \hat{P} \times \hat{S}_2$ die Funktionen $\hat{\sigma}_i$ stetig und $\underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}}\ \hat{\sigma}_i$ oberhalb-semistetig. Da $\underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}}\ \hat{\sigma}_i(p,s)$ für jedes $(p,s_2) \in \hat{P} \times \hat{S}_2$ genau ein Element enthält, folgt die Stetigkeit der Korrespondenz $\underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}}\ \hat{\sigma}_i$ im Punkte $(p,s_2) \in \hat{P} \times \hat{S}_2$.

Betrachten wir die Folge $p^n \to \bar{p}, s^n \to \bar{s}$ mit $s^n_1 \in \underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}}\ \hat{\sigma}_i(p^n,s^n_2)$ $s^n_2,\bar{s}_2 \in \hat{S}_2$, $p^n \in \bigcap_{i=1}^{N_1} P_i$, $\bar{p} \in \hat{P}$. Wegen des eben Gesagten gibt es für hinreichend großes $n \geqq \bar{n}$ ein $d \in \{1,\ldots,N_1\}$ derart, daß $\hat{\sigma}_d(p^n,s^n_2) \leqq s^n_1$ für alle $n \geqq \bar{n}$. Da die Funktion $\hat{\hat{h}}_d : P \times \hat{S}_2 \to \hat{X}^i$, definiert als $\hat{h}_d(p,s_2) = \{\hat{\hat{h}}_d(p,s_2)\}$, wegen $\hat{\hat{h}}_d(p,s_2) = \tilde{\tilde{h}}_d(p,s_2)$ für $(p,s_2) \in P_d \times \hat{S}_2$, wie aus dem Beweis von Lemma 2.6 (S. 198 unten) ersichtlich stetig über $P_d \times \hat{S}_2$ ist und $\hat{\hat{H}}_d(p,\hat{\sigma}_d(p,s_2),s_2) = \text{proj}\,[1,\hat{\hat{h}}_d(p,s_2)] \times \cdots \times \text{proj}\,[n+2,\hat{\hat{h}}_d(p,s_2)]$ ist, gilt $\lim_{n\to\infty} \hat{\hat{H}}_d(p^n,\hat{\sigma}_d(p^n,s^n_2),s^n_2) = \hat{\hat{H}}_d(\bar{p},\ \hat{\sigma}_d(\bar{p},\bar{s}_2),\ s_2)$. Wegen des oben Gesagten ist dabei $\hat{\hat{H}}_d(\bar{p},\hat{\sigma}_d(\bar{p},\bar{s}_2),\bar{s}_2) = \max \hat{X}^d_L$. Weiterhin impliziert $s^n_1 \geqq \hat{\sigma}_d(p^n,s^n_2)$ auch $I_d(p^n) + \beta_d p^n_s s^n \geqq I_d(p^n) + \beta_d p^n_s[\hat{\sigma}_d(p^n,s^n_2),s^n_2]$, womit $\hat{B}^b_d(p^n,\hat{\sigma}_d(p^n,s^n_2)) \subset \hat{B}^b_d(p^n,s^n)$, was

was $\hat{\hat{H}}_d(p^n,s^n) \geqq \hat{\hat{H}}_d(p^n, \hat{\sigma}_d(p^n,s_2^n),s_2^n)$ für jedes $n \geqq \bar{n}$ impliziert. Daher ist $\lim_{n\to\infty} \hat{\hat{H}}_d(p^n,s^n) \geqq \lim_{n\to\infty} \hat{\hat{H}}_d(p^n,\hat{\sigma}_d(p^n,s_2^n),s_2^n) = \max \hat{X}_L^d$. Da aber $\hat{\hat{H}}_d(p^n,s^n) \leqq \max \hat{X}_L^d$ für jedes n gilt, folgt $\lim_{n\to\infty} \hat{\hat{H}}_d(p^n,s^n) = \hat{\hat{H}}_d(\bar{p},\bar{s}) = \max \hat{X}_L^d$, womit die Behauptung (b) für $p_{n+3} > o$ bewiesen ist. Analog zeigt man für $p_{n+4} > o$ die Stetigkeit der Funktion $\hat{\hat{H}}_i$ im Punkt (p,s) mit $p \in \hat{P}$, $s \equiv (s_1,s_2)'$, $s_1 \in \hat{S}_1$, $s_2 \in \underset{i=N_1+1,..,N}{\text{median}} \hat{\sigma}_i(p,s_1)$ für ein $i \in \{N_1+1,..,N\}$.

Q.E.D.

Analog zur Definition der Funktion $\tilde{\sigma}_i$ wird jetzt $\tilde{H}_i$ dadurch definiert, daß die Urbildbereiche der, auf S. 45, Beziehung (2.7), definierten Korrespondenz H_i durch $R_i \subset P \times \hat{S}$ und deren Bildbereiche durch $\hat{X}_L^i$ ersetzt werden. Wegen des vorstehenden Hilfssatzes gilt $R^\square \subset R_i \subset P \times \hat{S}$. Da für die abgeschlossene Hülle $\bar{R}^\square$ von $R^\square$ gilt $\bar{R}^\square = P \times \hat{S}$, ist auch $\bar{R}_i = P \times \hat{S}$ erfüllt. Da $\tilde{H}_i$ stetig über R_i ist, sind die Voraussetzungen der Theoreme 4.7 und 4.8 in Nikaido (1968), S. 72 erfüllt, womit eine Fortsetzung $\bar{H}_i$ der Funktion $\tilde{H}_i$ auf $P \times \hat{S}$ derart konstruiert werden kann, daß $\bar{H}_i$ stetig über $P \times \hat{S}$ ist und $\bar{H}_i(p,s) \in \hat{B}_i(p,s)$ für alle $(p,s) \in P \times \hat{S}$ erfüllt. Da für jedes i=1,..,N $\bar{H}_i$ über $P \times \hat{S}$ stetig ist, ist auch $\bar{H} = \Sigma \bar{H}_i$ stetig über $P \times \hat{S}$.

Damit sind die Voraussetzungen des zu formulierenden Fixpunktsatzes erfüllt.

3. Teil: Fixpunktsatz

Zunächst werden die Mengen $\hat{X}$ und V definiert als $\hat{X} = \hat{X}_L \times \hat{S}$ mit $\hat{X}_L \equiv \Sigma \hat{X}_L^i$ und $V \equiv \{v \mid v = y + (\Sigma\omega^i,o,o)$ mit $y \in \hat{Y}\}$ mit $\hat{Y} \equiv \Sigma_{j=1}^K \hat{Y}^j$. Weiterhin werden die Überschußnachfragen definiert als

$$u_l = \Sigma_i \; x_l^i \; - \Sigma_j \, y_l^j \; - \Sigma_i \, \omega_l^i \qquad \text{für } l=1,..,n$$

$$u_l = \Sigma_j \; y_l^j \; - e_l \qquad \text{für } l=n+1,n+2$$

$$u_l = z_{l-n-2} \; - s_{l-n-2} \qquad \text{für } l=n+3,n+4$$

Dann wird die Fixpunktkorrespondenz $\Gamma : P \times \hat{X} \times V \times \hat{Y}^{K+1} \rightarrow P \times \hat{X} \times V \times \hat{Y}^{K+1}$ definiert als das kartesische Produkt der folgenden Korrespondenzen

$$p_l' = \frac{p_l + \max\,(u_l,o)}{1 + \Sigma_{l=1}^{n+4} \max\,(u_l,o)} \qquad \text{für } l=1,...,n+4$$

$$x' \in \bar{H}(p,s)$$

$$s' \in \bar{\zeta}(p,s)$$

$$v' \in \hat{g}(p) + (\Sigma\omega^i,o,o)$$

$$(e',z') \in \hat{F}(p)$$

<u>Lemma 2.9:</u>

Es existiert ein $\hat{a} \in P \times \hat{X} \times V \times \hat{Y}^{K+1}$ für das $\hat{a} \in \Gamma(\hat{a})$ gilt.

<u>Beweis:</u>

Die Menge $P \times \hat{X} \times V \times \hat{Y}^{K+1}$ ist als kartesisches Produkt nichtleerer, kompakter, konvexer Mengen ebenfalls nichtleer, kompakt und konvex. Weiterhin besitzt Γ als Produkt oberhalb-semistetiger Korrespondenzen mit konvexen, nichtleeren Bildmengen ebenfalls diese Eigenschaft. Aufgrund der Konstruktion der einzelnen "Teil"-Korrespondenzen gilt:

$x' \in \bar{H}(p,s)$, $s' \in \bar{\zeta}(p,s)$, $(e',z') \in \hat{F}(p)$ impliziert $(x',s') \in \hat{X}$, $(e',z') \in \hat{Y}^{K+1}$ und $y' \in \hat{g}(p)$ impliziert $y' \in \hat{Y}$, so daß auch $v' \in V$ gilt. Da $\Sigma_{l=1}^{n+4} p_l = 1$ folgt $\Sigma_{l=1}^{n+4} p_l' = 1$ und $p' \in P$. Damit ist für beliebiges (p',x',s',v',e',z') aus $\Gamma(p,x,s,v,e,z)$ auch $(p',x',s',v',e',z') \in P \times \hat{X} \times V \times \hat{Y}^{K+1}$. Deshalb sind die Voraussetzungen für Kakutani's Fixpunktsatz erfüllt, d.h. ein Punkt

$\hat{a} \equiv (\hat{p},\hat{x},\hat{s},\hat{v},\hat{e},\hat{z})$ existiert.

Q.E.D.

4. Teil: Ein Fixpunkt ist ein Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie $\hat{E}_B$

Da $(\hat{p},\hat{x},\hat{s},\hat{v},\hat{e},\hat{z})$ ein Fixpunkt ist, folgt wegen der Konstruktion der Korrespondenz Γ auch $\hat{s} \in \bar{\zeta}(\hat{p},\hat{s})$, $(\hat{e},\hat{z}) \in \hat{F}(\hat{p})$, $\hat{x} \in \bar{H}(\hat{p},\hat{s})$ $\hat{y} \in \hat{g}(p)$ und $\hat{y} \equiv \hat{v} - (\Sigma\, \omega^i,o,o)$. Wegen $\hat{y} \in \hat{g}(\hat{p})$ und $\hat{y} = \Sigma\, \hat{y}^j$ gibt es für jedes $j=1,\ldots,K$ ein $\hat{y}^j \in \hat{g}_j(\hat{p})$, womit die Bedingung (b) der Definition 2.3 der Ökonomie $\hat{E}_B$ erfüllt ist. Analog gibt es wegen $\hat{x} \in \bar{H}(\hat{p},\hat{s})$ und $\hat{x} = \Sigma\, \hat{x}^i$ für jedes i ein $\hat{x}^i \in \bar{H}_i(\hat{p},\hat{s})$.

Da für jedes i auch $\omega^i \in R^n_{++}$ gilt, ist $\{p \in P \mid p_x \geq o\} \subset \{p \in P \mid I_i(p) > o$ für $i=1,\ldots,N\}$. Wegen der Definition der $\bar{H}_i$ ist daher für $\hat{p} \in \{p \in P \mid p_x \geq o\}$ auch $\bar{H}_i(\hat{p},\hat{s}) = \tilde{H}_i(\hat{p},\hat{s})$ für jedes i erfüllt und es gilt $\hat{x}^i \in \hat{H}_i(\hat{p},\hat{s})$. Analog ist wegen der Definition der $\bar{\sigma}_i$ für $\hat{p} \in \{p \in P \mid p_x \geq o\}$ auch $\bar{\sigma}_i(\hat{p},\hat{s}_{k(i)}) = \tilde{\sigma}_i(\hat{p},\hat{s}_{k(i)})$ erfüllt und per Definition folgt $\hat{s} \in \hat{\zeta}(\hat{p},\hat{s})$, womit für Ökonomie $\hat{E}_B$ die Bedingungen (a), (d) der Definition 2.3 erfüllt sind.

Jetzt wird $\hat{p} \in \{p \in P \mid p_x \geq o\}$ gezeigt. Sei $\hat{p}_x = o$ unterstellt. Da $\hat{p} \in P$ gilt dann $\hat{p}_e \geq o$, $\hat{p}_s = o$ oder $\hat{p}_e = o$, $\hat{p}_s \geq o$ oder $\hat{p}_e \geq o$, $\hat{p}_s \geq o$. Für $\hat{p}_e \geq o$, $\hat{p}_s = o$ ist aber $\hat{\pi}_{K+1}(\hat{p}) > o$, womit $\Sigma I_i(\hat{p}) > o$. Deshalb ist für mindestens ein $d \in \{1,\ldots,N\}$ auch $I_d(\hat{p}) > o$ und aus denselben Gründen wie im Beweisteil (a) von Lemma 2.8 folgt die Stetigkeit von diesem $\tilde{H}_d$ im betrachteten Punkt $(\hat{p},\hat{s})$. Aufgrund der Definition $\bar{H}_d$ kann daher $\hat{x}^d \in \bar{H}_d(\hat{p},\hat{s})$ durch $\hat{x}^d \in \tilde{H}_d(\hat{p},\hat{s})$ ersetzt werden. Wegen Annahme (c.1) kann ein $\lambda > o$ gefunden werden, so daß

$$x^{d\lambda} \equiv (\hat{x}^d_1 + \lambda,\ldots,\hat{x}^d_n + \lambda,\hat{x}^d_{n+1},\hat{x}^d_{n+2}) > \hat{x}^d \equiv (\hat{x}^d_1,\ldots,\hat{x}^d_{n+1},\hat{x}^d_{n+2})$$

und $(x^{d\lambda},\hat{s}) \in X^d$ ist. Sei dann $x(t)$ der Punkt $[(1-t)\hat{x}^d + tx^{d\lambda}]$ wobei $o < t < 1$. Da nach Annahme (c.2) der Konsument d für jedes der Güter $l=1,\ldots,n$ eine strenge Präferenz besitzt, gilt für jedes t aus $o < t < 1$ auch

$u_d(x(t),\hat{s}) > u_d(\hat{x}^d,\hat{s})$ und $(\hat{p}_x,\hat{p}_e)\ x(t) \leqq I_d(\hat{p}) + \beta_d\hat{p}_s\hat{s}$. Für t nahe genug bei null ist $(x(t),\hat{s})$ im Würfel L enthalten, denn gemäß der Definition von L, S. 195, ist $(\hat{x}^d,\hat{s})$ ein innerer Punkt von L. Dies steht aber im Widerspruch zu $\hat{x}^d \in \tilde{H}_d(\hat{p},\hat{s})$, was $\hat{p}_x \geq o$ impliziert.

Für $\hat{p}_e = o$, $\hat{p}_s \geq o$ folgt wegen Lemma 2.8(b) für mindestens ein $i \in \{1,\ldots,N\}$ auch $\hat{x}^i \in \tilde{H}_i(p,s)$. Daher zeigt man analog zu den eben gemachten Ausführungen $\hat{p}_x \geq o$. Den Fall $\hat{p}_e \geq O$, $\hat{p}_s \geq O$ behandelt man analog. Ferner folgert man aus denselben Argumenten $\hat{p} \in \{p \in P \mid p_x \geq o\}$ impliziert $\hat{p}_x > o$.

Zu zeigen bleibt, daß der Fixpunkt den Bedingungen (c.1) und (c.2) der Definition 2.3 für Ökonomie E_B genügt. Aufgrund der Konstruktion der Korrespondenz Γ gilt

$$\hat{p}_l = \frac{\hat{p}_l + \max\ (\hat{u}_l,o)}{1 + \Sigma_1 \max\ (\hat{u}_l,o)} \qquad \text{für } l=1,\ldots,n+4 \text{ oder}$$

umgeformt $\hat{p}_l\ \Sigma \max\ (\hat{u}_l,o) = \max\ (\hat{u}_l,o)$ für $l=1,\ldots,n+4$. Multipliziert man jede dieser n+4 Gleichungen mit $\hat{u}_l$ und summiert über l, folgt

$$(2.8) \qquad [\Sigma_l \max\ (\hat{u}_l,o)]\ \Sigma_l\ \hat{p}_l\hat{u}_l = \Sigma_l[\max\ (\hat{u}_l,o)]^2.$$

Da $\hat{p} \in \{p \in P \mid p_x > o\}$ gilt und wegen Annahme (c.2) alle Konsumenten in Bezug auf die Güter $l=1,\ldots,n$ unersättlich sind, kann das Ungleichheitszeichen in Beziehung (2.7a) im Fixpunkt durch die Gleichheit zwischen Ausgaben und Einnahmen der Konsumenten ersetzt werden. Die Summation über die Budgetrestriktion aller Konsumenten ergibt daher

$$(2.9) \qquad (\hat{p}_x,\hat{p}_e)\ \hat{x} = \hat{p}_x\omega + \Sigma_{j=1}^{K+1}\ \hat{\pi}_j(\hat{p}) + \hat{p}_s\hat{s} \text{ mit } \hat{x} = \Sigma\hat{x}^i, \omega = \Sigma\omega^i.$$

Aufgrund der Definition der Gewinnfunktionen der $j=1,\ldots,k+1$ Produzenten folgt

$$\Sigma_{j=1}^{K+1} \hat{\pi}_j(\hat{p}) = \Sigma_{l=1}^{n} \hat{p}_l \hat{y}_l - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} \hat{p}_l \hat{y}_l + \Sigma_{l=1}^{n+2} \hat{p}_l \hat{e}_l - \hat{p}_s \hat{z}$$

mit $\hat{y}_l = \Sigma_{j=1}^{K} \hat{y}_l^j$. Ferner ist wegen der Annahme B für jedes $\hat{e} \in Y^{K+1}$ stets $\hat{e}_l = 0$ für l=1,..,n erfüllt und wegen Annahme (c.1) folgt für $\hat{x} \in \hat{X}_L$ stets $\hat{x}_l = o$ für l=n+1, n+2.
Deshalb kann (2.9) geschrieben werden als

$$\Sigma_{l=1}^{n} \hat{p}_l(\hat{x}_l - \hat{y}_l - \omega_l) + \Sigma_{l=n+1}^{n+2} \hat{p}_l(\hat{y}_l - \hat{e}_l) +$$

$$\Sigma_{l=n+3}^{n+4} \hat{p}_l(\hat{z}_{l-n-2} - \hat{s}_{l-n-2}) = o$$

womit wegen der Definition der u_l folgt

$$\text{(2.10)} \qquad \Sigma_l \hat{p}_l \hat{u}_l = o \;.$$

Da per Definition Σ_l max $(\hat{u}_l, o) \geqq o$ folgt wegen (2.10) aus (2.8) Σ_l [max $(\hat{u}_l, o)$ $]^2 = o$, womit $\hat{u}_l \leqq$ für jedes l=1,...,n+4 gilt. Des weiteren ist wegen (2.10), $\hat{u}_l \leqq o$ für jedes l und $\hat{p} \in P$ auch $\hat{p}_l \hat{u}_l = o$ für l=1,...,n+4.

Da für l=1,..,n stets $\hat{e}_l = 0$ sowie $\hat{x}_l = 0$ für l=n+1, n+2 gilt, bleibt $\hat{u}_l = o$ für jedes l zu zeigen. Für $\hat{p} > o$ ist dies wegen des eben Gesagten erfüllt. Da $\hat{p}_x > o$ ist $\hat{u}_l = o$ für l=1,...,n gezeigt. Sei $\hat{p}_{n+3} = o$ unterstellt. Da die Nutzenfunktionen u_i streng monoton fallend in s sind, implizieren $\hat{p}_x > o$ und $\hat{p}_{n+3} = o$ schon $\tilde{\sigma}_i(\hat{p}, \hat{s}_2) = o$ für i=1,...,N_1, womit $\hat{s}_1 = o$ folgt. Da $\hat{z}_1 \in R_+$ und $\hat{u}_l \leqq o$ für jedes l, ist $\hat{z}_1 = o$, womit wegen $(\hat{e}, \hat{z}) \in \hat{Y}^{K+1}$ auch $\hat{e}_{n+1} = o$ folgt. Aus $\hat{e}_{n+1} = o$, $\hat{y}_{n+1} \in R_+$ folgt wegen $\hat{u}_l \leqq 0$ dann $\hat{u}_{n+1} = \hat{u}_{n+3} = o$. Analog zeigt man $\hat{u}_{n+2} = \hat{u}_{n+4} = o$ für $\hat{p}_{n+4} = o$. Für den Fall $\hat{p}_{n+1} = o$, $\hat{p}_{n+3} > o$ ist die gewinnmaximale Emissionsnachfrage des Umweltproduzenten $\hat{e}_{n+1} = o$ und wegen $\hat{u}_{n+1} \leqq o$, $\hat{y}_{n+1} \in R_+$ folgt $\hat{u}_{n+1} = o$. Analoges gilt für $\hat{p}_{n+2} = o$, $\hat{p}_{n+4} > o$, womit $\hat{u}_l = o$ für l=1,...,n+4 gezeigt ist.

5. Teil: Der Fixpunkt ist ein Bowen-Gleichgewicht der Ökonomie E_B

Da $[(\hat{x}^i,\hat{s}), (\hat{y}^j), (\hat{e},\hat{z})]$ ein erreichbarer Zustand der Ökonomie E_B ist, liegt jedes $(\hat{x}^i,\hat{s})$, $(\hat{y}^j,o,o)$, $(\hat{e},\hat{z})$ im Inneren des Würfels L.

(i) $\hat{y}^j \in g_j(\hat{p})$, $(\hat{e},\hat{z}) \in F(\hat{p})$

Sei $y^j \in Y^j$ mit $\Sigma_{l=1}^{n} \hat{p}_l y_l^j - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} \hat{p}_l y_l^j >$ $\Sigma_{l=1}^{n} \hat{p}_l \hat{y}_l^j - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} \hat{p}_l \hat{y}_l^j$ unterstellt. Dann gilt $\Sigma_{l=1}^{n} \hat{p}_l \tilde{y}_l^j - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} \hat{p}_l \tilde{y}_l^j > \Sigma_{l=1}^{n} \hat{p}_l \hat{y}_l^j - \Sigma_{l=n+1}^{n+2} \hat{p}_l \hat{y}_l^j$ für jedes $\tilde{y}^j = \lambda\hat{y}^j + (1-\lambda)y^j$ mit $o < \lambda < 1$. Wegen der Konvexität der Y^j ist dabei $\tilde{y}^j \in Y^j$. Außerdem ist für λ nahe genug an Null der Punkt $(\tilde{y}^j,O,O)$ in Würfel L enthalten, denn (y^j,O,O) ist ein innerer Punkt von L. Folglich ist $(\tilde{y}^j,O,O) \in [Y^j \times \{o\} \times \{o\}] \cap L$, was im Widerspruch zu $\hat{y}^j \in \hat{g}_j(\hat{p})$ steht.

Analog zu eben zeigt man, daß $(\hat{e},\hat{z})$ ein gewinnmaximaler Produktionsplan aus Y^{k+1} ist. Da dies der Fall ist, sind aber auch die Gleichungen $\hat{z}_1 = Z_1(\hat{e}_{n+1}, \hat{e}_{n+2})$ und $\hat{z}_2 = Z_2(\hat{e}_{n+2})$ erfüllt,denn für $\hat{p}_s > o$ impliziert $\tilde{z} \geqq \hat{z}$ auch $\hat{p}_e\hat{e} - \hat{p}_s\hat{z} \geqq \hat{p}_e\hat{e} - \hat{p}_s\tilde{z}$ und für $\hat{p}_s = o$ gilt $\hat{s} = o$. Folglich ist $(\hat{e},\hat{z}) \in F(\hat{p})$.

(ii) $\hat{x}^i \in H_i(\hat{p},\hat{s})$

Sei $(x^i,\hat{s}) \in X^i$ derart, daß $(\hat{p}_x,\hat{p}_e)x^i \leqq I_i(\hat{p}) + \beta_i\hat{p}_s\hat{s}$ und $u_i(x^i,\hat{s}) > u_i(\hat{x}^i,\hat{s})$ gilt. Wegen Annahme (c.2) gilt dann $u_i(\tilde{x}^i,\hat{s}) > u_i(\hat{x}^i,\hat{s})$ für $\tilde{x}^i = \lambda\hat{x}^i + (1-\lambda)x^i$ mit $o < \lambda < 1$. Da X^i konvex ist, gilt $(\tilde{x}^i,\hat{s}) \in X^i$ und $\tilde{x}^i$ erfüllt die Budgetrestriktion des Konsumenten i. Weiterhin ist $(\hat{x}^i,\hat{s})$ ein innerer Punkt

des Würfels L, so daß für λ nahe genug an Null $(\tilde{x}^i, \hat{s}) \in X^i \cap L$ gilt. Dies steht aber im Widerspruch zu $\hat{x}^i \in \hat{H}_i(\hat{p}, \hat{s})$.

(iii) $\hat{s} \in \zeta(\hat{p}, \hat{s})$

Zunächst gilt $\{(\bar{x}^i, \bar{s}_1^i, \hat{s}_2)\} = \hat{h}_i(\hat{p}, \hat{s}_2)$ für $i=1,\ldots,N_1$. Damit ist auch $\{(\bar{x}^i, \bar{s}_1^i, \hat{s}_2)\} = h_i(\hat{p}, \hat{s}_2)$. Wäre dies nicht so, dann existierte ein Konsumplan $(\tilde{x}^i, \tilde{s}_1^i, \hat{s}_2) \in X^i$ derart, daß $u_i(\tilde{x}^i, \tilde{s}_1^i, \hat{s}_2) > u_i(\bar{x}^i, \bar{s}_1^i, \hat{s}_2)$ und $(\hat{p}_x, \hat{p}_e)\tilde{x}^i - \beta_i \hat{p}_s(\bar{s}_1^i, \hat{s}_2) \leq I_i(\hat{p})$ für $i=1,\ldots,N_1$ erfüllt ist. Analog zur obigen Argumentation zeigt man, daß dann $(\tilde{x}^i, \tilde{s}_1^i, \hat{s}_2) \notin \hat{h}_i(\hat{p}, \hat{s}_2)$ für $i=1,\ldots,N$, womit ein Widerspruch vorliegt. Wegen $\{(\bar{x}^i, \bar{s}_1^i, \hat{s}_2)\} = \hat{h}_i(\hat{p}, \hat{s}_2) = h_i(\hat{p}, \hat{s}_2)$ für $i=1,\ldots,N_1$ ist auch $\bar{s}^i = \hat{\sigma}_i(\hat{p}, \hat{s}_2) = \sigma_i(\hat{p}, \hat{s}_2)$ für $i = 1,\ldots,N_1$ womit

$$\underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}} \hat{\sigma}_i(\hat{p}, \hat{s}_2) = \underset{i=1,\ldots,N_1}{\text{median}} \sigma_i(\hat{p}, \hat{s}_2)$$

Analog zeigt man

$$\underset{i=N_1+1,\ldots,N}{\text{median}} \hat{\sigma}_i(\hat{p}, \hat{s}_1) = \underset{i=N_1+1,\ldots,N}{\text{median}} \sigma_i(\hat{p}, \hat{s}_1).$$

Deshalb gilt $\hat{\zeta}(\hat{p}, \hat{s}) = \zeta(\hat{p}, \hat{s})$ und wegen $\hat{s} \in \hat{\zeta}(\hat{p}, \hat{s})$ folgt die Behauptung.

Q.E.D.

LITERATURVERZEICHNIS

D'Arge, R.C.(1971), Economic Growth and Environmental Quality, Swedish Journal of Economics, 73, 25-41.

D'Arge, R.C. und W. Schulze (1974), The Coase Proposition, Information Constraints and Long-Run Equilibrium, American Economic Review, 64, 763-772.

D'Arge, R.C. und K.C. Kogiku (1973), Economic Growth and the Natural Environment, Review of Economic Studies, 40, 61-77

Arrow, K.J. (1963), Social Choice and Individual Values, New York, John Wiley and Sons.

Ayres, R.U. und A.V. Kneese (1969), Production, Consumption and Externalities, American Economic Review, 59.

Barr, J. und O.A. Davis (1969), An Elementary Political and Economic Theory of Expenditures of Local Governments, Southern Economic Journal, 33, 149-165.

Baumol, W.J. (1972), On Taxation and the Control of Externalities, American Economic Review, 62, 307-322.

Baumol, W.J. und D. Bradford (1972), Detrimental Externalities and Nonconvexity of the Production Set, Economica, 39, 160-176.

Baumol, W.J. und W.E. Oates (1971), The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment, Swedish Journal of Economics, 73, 42-54.

Baumol, W.J. und W.E. Oates (1975), The Theory of Environmental Policy, Englewood Cliffs, N.J.

Baumol, W.J. und W.E. Oates (1979), Economics, Environmentalal Policy, and the Quality of Life, Englewood Cliffs, N.J.

Bergstrom, T.C. (1979), When does Majority Rule supply Public Goods efficiently ?, Scandinavian Journal of Economics, 81, 216-226.

Bergstrom, T.C. und R.P. Goodman (1973), Private Demands for Public Goods, American Economic Review, 63, 280-296.

Bewley, T.F. (1981), A Critique of Tiebout's Theory of Local Public Expenditures, Econometrica, 49, 713-740.

Black, D. (1958), The Theory of Committees and Elections, Cambridge University Press.

Bös, D. (1979), A Voting Paradox of Fiscal Federalism, Journal of Public Economics, 11, 369-382.

Bös, D. (1980), Over- and Undersupply of Public Goods, Discussion Paper, Universität Bonn.

Bohm, P. (1970), Pollution, Purification and the Theory of External Effects, Swedish Journal of Economics, 72, 153-166.

Bohm, P. und A.V. Kneese (1971), The Economics of Environment New York, Macmillan.

Bonus, H. (1981), Emissionsrechte als Mittel der Privatisierung öffentlicher Ressourcen aus der Umwelt, in L. Wegehenkel (Hrsg.), Marktwirtschaft und Umwelt, Tübingen.

Borcherding, T.E. und R.T. Deacon, (1972), The Demand for Services of Non-Federal Goverments, American Economic Review, 62, 891-901.

Bowen, H.R. (1943), The Interpretation of Voting in the Allocation of Economic Resources, Quarterly Journal of Economics, 58, 27-48.

Buchanan, J.M. (1966), Joint Supply, Externality and Optimality Economica, 33, 404-415.

Buchanan,J.M. (1972), Toward Analysis of Closed Behavioral System, in Theory of Public Choice, J.M. Buchanan und R.D. Tollison (Hrsg.), University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.

Buchanan, J.M. und W.C. Stubblebine (1962), Externality, Economica 29, 371-384.

Buchanan, J.M. und G. Tullock (1962), The Calculus of Consent, University of Michigan Press.

Clarke, E.H. (1971), Multipart Pricing of Public Goods, Public Choice, 11, 17-33.

Coase, R.H. (1960), The Problem of Social Cost, Journal of Law and Economics, 3, 1-44.

Comanor, W.S. (1976), The Median Voter Rule and the Theory of Political Choice, Journal of Public Economics, 5, 169-177.

Deacon, R.T. und P. Shapiro (1975), Private Preference for Collective Goods revealed through Voting on Referenda, American Economic Review, 65, 943-955.

Debreu, G. (1959), Theory of Value, übersetzt als "Werttheorie", 1976, Berlin u.a.

Denzau, A.T. und R.J. Mackay (1976), Benefit Shares and Majority Voting, American Economic Review, 66, 69-76.

Downs, A. (1957), An Economic Theory of Democracy, New York.

Downs, A. (1967), Inside Bureaucracy, Boston.

Dudenhöffer, F. (1979), Umweltpolitik in einem förderativen System. Ein Vergleich alternativ institutionalisierter Umweltpolitik, Beiträge zur angewandten Wirtschaftsforschung No. 134-79, Universität Mannheim.

Dudenhöffer, F. (1980), Allokation durch Mehrheitswahl. Eine Lösung des Freifahrerproblems ?, Beiträge zur angewandten Wirtschaftsforschung No. 159-80, Universität Mannheim.

Dudenhöffer, F. (1982), Mehrheitswahl als Instrument regionalisierter Umweltpolitik. Eine allgemeine Gleichgewichtsanalyse, in H. Siebert (Hrsg.), Umweltallokation im Raum, Frankfurt.

Dudenhöffer, F. und H. Gebauer (1982), Die Allokation öffentlicher Güter bei Konsumentenmobilität. Eine Anmerkung zum Tiebout-Theorem , in H. Siebert (Hrsg.), Umweltallokation im Raum, Frankfurt.

Fischel, W.A. (1972), Aesop's Paradox: The Classical Critique of Democratic Decision Processes, Journal of Political Economy, 80. 208-215.

Fisher, A.C., I.V. Krutilla und Ch.J. Cichetti (1972), The Economics of Environmental Preservation: A Theoretical and Empirical Analysis, American Economic Review, 62, 605-619.

Fisher, A.C. und F.M. Peterson (1976), The Environment in Economics: A Survey, Journal of Economic Literature, 14, 1-33.

Foley, D.K. (1967), Resource Allocation and the Public Sector, Yale Economic Essays, 7, 45-98.

Foley, D.K. (1970), Lindahl's Solution and the Core of an Economy with Public Goods, Econometrica, 38, 66-72.

Forsund, F.R. (1972), Allocation in Space and Environmental Pollution, Swedish Journal of Economics, 74, 19-34.

Forsund, F.R. (1980), Dynamic Aspects of Regional Environmental Policy, in H. Siebert, I. Walter und K. Zimmermann (Hrsg.), Regional Environmental Policy: The Economic Issus, New York University Press.

Frey, B.S. (1978), Modern Political Economy, Oxford.

Frey, B.S. und W.W. Pommerehne (Hrsg.), (1979), Ökonomische Theorie der Politik, Springer-Verlag Berlin u.a.

Furubotn, E.G. und S. Pejovich (1972), Property Rights and Economic Theory: A Survey of Recent Literature, Journal of Economic Literature, 10, 1137-1162.

Gebauer, H. (1982), Zur intertemporalen regionalen Umweltallokation, in H. Siebert (Hrsg.), Umweltallokation im Raum, Frankfurt.

Gibbard, A. (1973), Manipulation of Voting Schemes: A General Resultat, Econometrica, 41, 587-601.

Gladwin, T.N.,.L. Ugelow und I. Walter (1982), Approaches to International Negotiations on the Chlorofluorcarbon Problem, in H. Siebert (Hrsg.), Global Environmental Resources, Frankfurt.

Greenberg, J. (1980), Consistent Majority Rules over Compact Sets of Alternatives, Econometrica, 47, 627-637.

Gronych, R. (1980), Allokationseffekte und Außenhandelswirkungen der Umweltpolitik, Tübingen.

Groves, T. (1973), Incentives in Teams, Econometrica, 41, 617-631.

Groves, T. und J. Ledyard (1977), Optimal Allocation of Public Goods: A Solution to the "Free-Rider" Problem, Econometrica, 45, 783-809.

Hotelling, H. (1929), Stability in Competition, Economic Journal, 39, 41-57.

Hurwicz, L. (1960), Optimality and Informational Efficiency in Resource Allocation Processes, in K. Arrow, S. Karlin und P. Suppes, Mathematical Methods in the Social Scienes, Stanford.

Hurwicz, L. (1972), On Informationally Decentralized System, in C.B. Mc Guire und R. Radner (Hrsg.), Decision and Organization, Amsterdam (North Holland).

Hurwicz, L. (1979), Outcome Functions Yielding Walrasian and Lindahl Allocations at Nash Equilibrium Points, Review of Economic Studies, 46, 217-225.

Jones, R.W. (1965), The Structure of Simple General Equilibrium Models, Journal of Political Economy, 73, 557-572.

Keeler, E., M. Spence und R. Zeckhauser (1971), The Optimal Control of Pollution, Journal of Economic Theory, 4,19-34.

Kramer, G.H. (1973), On a Class of Equilibrium Conditions for Majority-Rule, Econometrica 41, 285-297.

Klevorick, A.K. und G.H. Kramer (1973), Social Choice on Pollution Management: The Genossenschaften, Journal of Public Economics, 2, 101-146.

Kneese, A.V. (1971a), Background for the Economic Analysis of Environmental Pollution, Swedish Journal of Economics, 73, 1-24.

Kneese, A.V. (1971b), Environmental Pollution: Economics and Policy, American Economic Review, Papers and Proceedings, 61, 153-166.

Laffont, J.-J. (Hrsg.) (1979), Aggregation and Revelation of Preferences, Amsterdam (North Holland).

Mäler, K.G. (1974), Environmental Economics. A Theoretical Inquiry, Baltimore, London.

Magat, W.A. (1978), Pollution Control and Technological Advance: A Dynamic Model of the Firm, Journal of Environmental Economics and Management, 5, 1-25.

Montgomery, R. (1972), Markets in Licenses and Efficient Pollution Control, Journal of Economic Theory, 5, 395-418.

Mueller, D.C. (1976), Public Choice: A Survey, Journal of Economic Literature, 14, 395-433.

Mueller, D.C. (1979), Public Choice, Cambridge, Cambridge University Press.

Nachtkamp, H.H. und W.Rödding (198o), Mechanismen der sozialen Wahl, in D.Duwendag und H.Siebert (Hrsg.), Politik und Markt. Wirtschaftspolitische Probleme der 8oer Jahre, Stuttgart u.a.

Nash, J. (1953), Two-Person Cooperative Games, Econometrica, 21, 128-140.

Nikaido, H. (1968), Convex Structures and Economic Theory, Academic Press New York.

Niskanen, W. (1971), Bureaucracy and Representative Government, Aldine-Atherton, Chicago/New York.

Pazner, E.A. und E. Wesley (1977), Stability of Social Choices in Infinitely Large Societies, Journal of Economic Theory, 14, 252-262.

Peltzman, S. und T.N. Tideman (1972), Local versus National Pollution Control: Note, American Economic Review, 62, 959-963.

Pethig, R. (1975), Umweltverschmutzung, Wohlfahrt und Umweltpolitik, Zeitschrift für Nationalökonomie, 35, 99-124.

Pethig, R. (1978), Das Freifahrerproblem in der Theorie der öffentlichen Güter, in E. Helmstädter (Hrsg.), Neuere Entwicklungen in den Wirtschaftswissenschaften, Berlin.

Pethig, R. (1979a), Umweltökonomische Allokationen mit Emissionssteuern, Tübingen.

Pethig, R. (1979b), Environmental Management in General Equilibrium: A New Incentive Compatible Approach, International Economic Review, 20, 1-27.

Pethig, R. (1981), Freifahrerverhalten und Marktversagen in einer privatisierten Umwelt, in L. Wegehenkel, Marktwirtschaft und Umwelt, Tübingen.

Plourde, C.G. (1972), A Model of Waste Accumulation and Disposal, Canadian Journal of Economics, 5, 119-125.

Postlewaite, A. (1979), Manipulation via Endowments, Review of Economic Studies, 46, 255-262.

Roberts, D.J. (1973), Existence of Lindahl Equilibrium with a Measure Space of Consumers, Journal of Economic Theory, 6, 355-381.

Roberts, D.J. (1976), The Incentive for Correct Revelation of Preferences and the Number of Consumers, Journal of Public Economics, 6, 359-374.

Roberts, J. und A. Postlewaite (1976), The Incentives for Price-Taking Behavior in Large Exchange Economies, Econometrica, 44, 115-128.

Romer und Rosenthal (1979a), The Elusive Median Voter, Journal of Public Economics, 12, 143-170.

Romer, T. und H. Rosenthal (1979b), Bureaucrats versus Voters: On the Political Economy of Resource Allocation by Direct Democracy, Quarterly Journal of Economics, 93, 563-587.

Rothenberg, J. (1969), The Economics of Congestion and Pollution: An Integrated View, American Economic Review, 60, 114-121.

Ruff, L.E. (1972), A Note on Pollution Prices in a General Equilibrium Model, American Economic Review, 62, 186-192.

Samuelson, P.A. (1954), The Pure Theory of Public Expenditure, Review of Economic and Statistics, 36, 197-219.

Sandler, T. und J.T. Tschirhart (1980), The Economic Theory of Clubs. An Evaluative Survey, Journal of Economic Literature, 18, 1481-1521.

Satterthwaite, M.A. (1975), Strategy-Proofness and Arrow's Conditions, Journal of Economic Theory, 10, 187-217.

Schittko, U. (1976), Lehrbuch der Außenwirtschaftstheorie, Stuttgart.

Schotter, A. und G. Schwödiauer (1980), Economics and the Theory of Games: A Survey, Journal of Economic Literature, 18, 479-527.

Schumpeter, J.A. (1942), Capitalism, Socialism and Democracy, New York.

Siebert, H. (1973), Environment and Regional Growth, Zeitschrift für Nationalökonomie, 33, 79-85.

Siebert, H. (1974), Comparative Advantage and Environmental Policy. A Note, Zeitschrift für Nationalökonomie, 34, 397-402.

Siebert, H. (1975), Regional Aspects of Environmental Allocation, Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft, 131, 496-513.

Siebert, H. (1976), Environmental Control, Economic Structure and International Trade, in I. Walter (Hrsg.), Studies in International Environmental Economics, New York 1976.

Siebert, H. (1978a), Environmental Policy, Allocation of Resource, Sector Structure and Comparative Price Advantage, Zeitschrift für Wirtschaft-und Sozialwissenschaften, 98, 281-293.

Siebert, H. (1978b), Ökonomische Theorie der Umwelt, Tübingen.

Siebert, H. (Hrsg.) (1979), Umwelt und wirtschaftliche Entwicklung, Darmstadt.

Siebert, H. (1980), The Regional Dimensions of Environmental Policy, in Regional Environmental Policy: The Economic Issues, Hrsg. von H. Siebert, I. Walter und K. Zimmermann, New York, University Press.

Siebert, H. (1981a), Economics of the Environment, Lexington Books.

Siebert, H. (1981b), Praktische Schwierigkeiten bei der Steuerung der Umweltnutzung über Preise, in L. Wegehenkel (Hrsg.) Marktwirtschaft und Umwelt, Tübingen.

Siebert, H. (1981c), Emissionslizenzen, Monopson und die räumliche Abschottung von Arbeitsmärkten. Eine Anmerkung, Beiträge zur angewandten Wirtschaftforschung, No. 178-81, Universität Mannheim.

Siebert, H. (1982), Environmental Policy Instruments. Some Open Questions, in H. Siebert (Hrsg.), Umweltallokation im Raum, Frankfurt.

Siebert, H., J. Eichberger, R. Gronych und R. Pethig (1980), Trade and Environment: A Theoretical Enquiry, Amsterdam, Elsevier.

Siebert, H. I. Walter und K. Zimmermann (1980), Regional Environmental Policy: The Economic Issues, New York, University Press.

Slutsky, S. (1977), A Voting Model for the Allocation of Public Goods: Existence of an Equilibrium, Journal of Economic Theory, 14, 299-325.

Starret, D. A. (1972), Fundamental Nonconvexities in the Theory of Externalities, Journal of Economic Theory, 4, 180-199.

Starret, D.A. (1978), Market Allocations of Location Choice in a Model with Free Mobility, Journal of Economic Theory, 17, 21-37.

Stein, J.L. (1971), The 1971 Report of President's Council of Economic Advisers: Microeconomic Aspects of Public Policy, American Economic Review, 61, 531-537.

Stiglitz, J.E. (1977), The Theory of Local Public Goods, in M.S. Feldstein und R.P. Inman (Hrsg.), The Economics of Public Services, Macmillan, London.

Suchanek, G.L. (1977), A Mechanism for Computing an Efficient System of Waste Emission Quotes, Journal of Public Economics, 7, 261-269.

Tiebout, C.M. (1956), A Pure Theory of Local Expenditures, Journal of Political Economy, 64, 416-424.

Tietenberg, T.H. (1973), Controlling Pollution by Price and Standard Systems: A General Equilibrium Analysis, Swedish Journal of Economics, 75, 193-203.

Tietenberg, T.H. (1974a), On Taxation and the Control of Externalities: Comment, American Economic Review, 64, 462-466.

Tietenberg, T.H. (1974b), Derived Decision Rules for Pollution Control in a General Equilibrium Space Economy, Journal of Environmental and Management, 1, 3-16.

Tietenberg, T.H. (1980), Transferable Discharge Permits and the Control of Air Pollution: A Survey and Synthesis, Zeitschrift für Umweltpolitik, 1, 477-508.

Tulkens, H. (1978), Dynamic Processes for Public Goods, Journal of Public Economics, 9, 163-201.

Tullock, G. (1965), The Politics of Bureaucracy, Public Affairs Press, Washington.

Uebe, G. (1976), Produktiontheorie, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems , Vol. 144, Heidelberg u.a.

Vogt, W. (1980), Zur intertemporal wohlfahrtsmaximalen Nutzung knapper natürlicher Ressourcen. Eine kontrolltheoretische Analyse, Tübingen.

Walker, M. (1981), A Simple Incentive Compatible Scheme for attaining Lindahl Allocations, Econometrica, 49, 65-71.

Wegehenkel, L. (Hrsg.) (1981), Marktwirtschaft und Umwelt, Tübingen.

Westhoff, F. (1977), Existence of Equilibria in Economies with a Local Public Good, Journal of Economic Theory, 14, 84-112.

Windisch, R. (1975), Coase-Paradigma versus Pigou-Paradigma: Über Informationen und Motivation als Grundfragen dezentralisierter Umweltkontrolle, Zeitschrift für Nationalökonomie, 35, 345-390.

Windisch, R. (1981), Das Anreizproblem bei marktlicher Koordinierung der Nutzung knapper Umweltressourcen, in L. Wegehenkel (Hrsg.), Marktwirtschaft und Umwelt, Tübingen.

Wooders, M. (1978), Equilibria, the Core, and Jurisdiction Structure in Economies with a Local Public Good, Journal of Economic Theory, 18, 328-348.

Wooders, M. (1980), The Tiebout Hypotheses: Near Optimality in Local Public Good Economies, Econometrica, 48, 1467-1485.

VERZEICHNIS ZENTRALER VARIABLEN

Das folgende Verzeichnis enthält nur die wichtigsten der in dieser Arbeit verwendeten Symbole. Die in einzelnen Kapiteln benutzten Varianten einzelner Symbole, die durch Anbringung zusätzlicher Indices entstehen sind hier nicht aufgeführt.

Zahlenräume

R^n	n-dimensionaler Euklidischer Raum

Ökonomien

E	Ökonomie mit Privateigentum
E_B	Bowen-Ökonomie

Indices

$l = 1,\ldots,n$	Laufindex für Güter
$i = 1,\ldots,N$	Laufindex für Konsumenten
$j = 1,\ldots,K$	Laufindex für Produzenten

Konsumenten

X^i	Konsummenge des i
x^i	Bündel privater Konsumgüter des i
s^i	Konsum des i an Umweltbelastungen
u_i	Nutzenfunktion des i
β_i	Anteil des i an der Umweltbelastungszahlung
γ_i	Anteil des i an der Gesamtausstattung der Ökonomie mit Faktor a
Θ_{ij}	Anteil des i am Gewinn des j

ω^i	Erstausstattung des i
ω_a^i	Erstausstattung des i mit Faktor a

Produzenten

Y^j	Produktionsmenge (-technologie) des j
y_l^j	Produktion des j an Gut l
y_a	Einsatz an Faktor a bei Produktionsaktivitäten
y_e	produzierte Emissionen
G	Produktionsfunktion
π_j	Gewinn des j

Umweltproduzent

Y^{K+1}	Umwelttechnologie
Z	Umweltbelastungsfunktion, Immissionsfunktion
e	gesamtwirtschaftliche Emission
z	Umweltbelastungszustand, Immissionsniveau

Preise

p_x	Konsumgüterpreis (vektor)
p_e	Emissionssteuer (vektor)
p_s	Umweltbelastungspreis (vektor)
p_a	Preis des Faktor a
p_l	Preis des Gutes l

STAATLICHE ALLOKATIONSPOLITIK IM MARKTWIRTSCHAFTLICHEN SYSTEM

Band 1 Horst Siebert: Umweltallokation im Raum. 1982.

Band 2 Horst Siebert: Global Environmental Resources. The Ozone Problem. 1982.

Band 3 Hans-Joachim Schulz: Steuerwirkungen in einem dynamischen Unternehmensmodell. Ein Beitrag zur Dynamisierung der Steuerüberwälzungsanalyse. 1981.

Band 4 Eberhard Wille (Hrsg.): Beiträge zur gesamtwirtschaftlichen Allokation. Allokationsprobleme im intermediären Bereich zwischen öffentlichem und privatem Wirtschaftssektor. 1983.

Band 5 Heinz König (Hrsg.): Ausbildung und Arbeitsmarkt. 1983.

Band 6 Horst Siebert: Reaktionen auf Energiepreissteigerungen. 1982.

Band 7 Eberhard Wille: Konzeptionelle Probleme öffentlicher Planung. In Vorbereitung.

Band 8 Ingeborg Kiesewetter-Wrana: Exporterlösinstabilität. Kritische Analyse eines entwicklungspolitischen Problems. 1982.

Band 9 Ferdinand Dudenhöffer: Mehrheitswahl-Entscheidungen über Umweltnutzungen. Eine Untersuchung von Gleichgewichtszuständen in einem mikroökonomischen Markt- und Abstimmungsmodell. 1983.

